

PAT-NO: JP02002192592A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002192592 A  
TITLE: METHOD FOR LASER-CLADDING FOR PLASTICATING BARREL  
PUBN-DATE: July 10, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
COLBY, PAUL N	N/A
JOE, M GATTY	N/A
BODNAR, SHAWN P	N/A
COLBY, PAUL T	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SPIREX CORP	N/A

APPL-NO: JP2000371438

APPL-DATE: December 6, 2000

INT-CL (IPC): B29C047/08, B23K026/00 , B23K026/02 , B23K026/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an apparatus and a process for lining an inner surface and all other inner surfaces of plasticating barrels.

SOLUTION: The cladding operation uses a laser head that carries out a spiral welding operation to create a smoother lining than is capable with conventional welding techniques. A number of different techniques can be used, including the user of feeding laser energy at one end of a tube to be reflected from laser aiming optical inserted through a second end of the tube. Unidirectional welding can be used to facilitate gravity as a smoothing agent. In another embodiment omnidirectional welding can be carried out using a shaped mirror and a donut-shaped laser pattern. The cladding operation can be simplified by baking a coating of the welding matrix and anti-abrasive material onto the interior of the surface to be clad prior to the welding operation.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-192592

(P2002-192592A)

(43) 公開日 平成14年7月10日 (2002.7.10)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
B 2 9 C 47/08		B 2 9 C 47/08	4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/00	3 1 0	B 2 3 K 26/00	3 1 0 B 4 F 2 0 7
			3 1 0 N
26/02		26/02	C
26/06		26/06	A
審査請求 有 請求項の数65 OL 外国語出願 (全 50 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-371438(P2000-371438)

(22) 出願日 平成12年12月6日(2000.12.6)

(71) 出願人 500599237

スピレックス コーポレーション  
 Splrex Corporation  
 アメリカ合衆国、オハイオ州 44513、ヤ  
 ングスタウン、ビー・オー・ボックス9130

(72) 発明者 ボール エヌ コルビー

アメリカ合衆国、ペンシルバニア州  
 16105、ニューキャッスル、アール・ディ  
 ー5 ボックス357

(74) 代理人 100098143

弁理士 飯塚 雄二

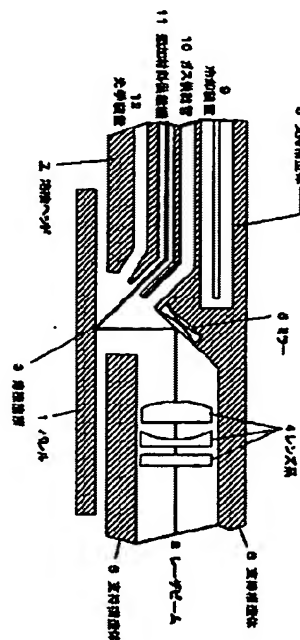
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可塑性バレルのレーザクラディング方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】可塑性バレルの内面及びその他のあらゆる内面をライニングする装置及びプロセスの提供。

【解決手段】本クラディング作業は螺旋状の溶接作業を行なうことにより、従来の溶接技術で可能とされるよりも平滑なライニングを作り出すレーザヘッドを使用する。金属管の第2端部から挿入されるレーザ照準光学装置から偏向されるレーザエネルギーを管の第1端部で使用方法を含めて、多種多様な技術を使用出来る。一方向溶接を使うには平滑材として重力を利用出来る。別の実施形態では、全方向溶接は整形ミラー (shaped mirror) とドーナツ形レーザパターンを使用して実施出来る。クラディング作業は、クラディング対象の内面に付いている溶接マトリックス及び耐摩耗性材料の被覆物を溶接作業の前に焼成することにより簡素化出来る。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 溶融プラスチックの押出用に改造されて、第1金属材料から成る基材及び第2組成物から成るライナーを含む可塑化バレルにおいて、前記ライナーが：前記基材の内径全体に実質的に均一に形成されるレーザー溶接クラッドであって、前記ライナーはレーザー溶接による仕上げ状態で実質的に15ミリメートル未満の内径を有するように形成されること、を特徴とする前記可塑化バレル。

【請求項2】 前記ライナーがレーザー溶接による仕上げ状態で、ばらつきが、0.05インチ未満の表面平滑度を有することを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の可塑化バレル。

【請求項3】 前記第1金属材料が、銅及び銅合金から成る材料の部類によって構成されることを特徴とする、請求の範囲第2項に記載の可塑化バレル。

【請求項4】 前記第2組成物が、ニッケルクロム混合物を含むことを特徴とする、請求の範囲第3項に記載の可塑化バレル。

【請求項5】 溶融プラスチックの押出用に改造されて、第1金属材料の基材及びライナーを含む可塑化バレルにおいて、前記ライナーが：

- a) 第2金属マトリックス材料で形成されるレーザー溶接クラッド；及び
- b) 第3の材料組成物で形成されて前記金属マトリックス全体に非溶融状態で均一に分布される耐摩耗性組成物、を含むことを特徴とする前記可塑化バレル。

【請求項6】 前記耐摩耗性層が、金属炭化物成分、ダイヤモンド、セラミックス及び合成ダイヤモンドから成る群から選ばれる材料によって構成されることを特徴とする、請求の範囲第5項に記載の可塑化バレル。

【請求項7】 金属管の内部のライニングをレーザー溶接する装置において、前記装置が：

- a) 前記金属管の第1端部から前記金属管に入るように配置されたレーザー照準光学ヘッド；及び
- b) 前記金属管の第2端部から前記金属管に入るように配置された補助機器ヘッド、を含むことを特徴とする前記装置。

【請求項8】 更に、前記レーザー照準光学ヘッド、前記補助機器ヘッド及び前記金属管から成る群から選ばれるいずれの構成部品の動きを制御する制御装置を含むことを特徴とする、請求の範囲第7項に記載の装置。

【請求項9】 前記補助機器ヘッドが：

- a) 前記金属管の内部のレーザー溶接の進捗を監視する手段；
- b) 前記金属管に溶接されるライナー材料を提供する手段；
- c) 前記金属管の内部の材料及び機器を冷却する手段；及び
- d) ガスを溶接箇所へ供給する手段、を含むことを特徴

とする、請求の範囲第8項に記載の装置。

【請求項10】 更に、耐摩耗性材料を前記溶接ヘッドにより発生する溶接溶融体に加える手段を含むことを特徴とする、請求の範囲第9項に記載の装置。

【請求項11】 耐摩耗性材料を加える手段が前記補助機器の一部であることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載の装置。

【請求項12】 前記耐摩耗性材料は冷却中の前記溶接溶融体の一部に加えられるように、耐摩耗性材料を加える手段が配置されることにより、前記耐摩耗性材料は劣化しない状態で前記溶接溶融全体に均一に配置されることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載の装置。

【請求項13】 前記金属管の長手方向軸の端から端まで水平に延在するように配置された支持体ロッドであって、前記支持体ロッドが前記レーザー照準光学ヘッド及び前記補助機器ヘッドを可動式に支持するように配置されることを特徴とする、請求の範囲第12項に記載の装置。

【請求項14】 更に、前記支持体ロッドの周りに前記金属管を回転する手段を含むことを特徴とする、請求の範囲第13項に記載の装置。

【請求項15】 レーザ溶接クラディングにより金属管をライニングする装置において、前記装置が：

- a) レーザ照準光学ヘッド；
- b) 前記金属管を水平状態で保持して、前記管を水平軸の周りに回転させる手段；
- c) 前記レーザー照準光学ヘッドの位置決め的手段であって、レーザー溶接が常に単一方向で実施されこと；及び
- d) 前記金属管の回転動作と前記レーザー照準光学ヘッドの作業を調整する制御手段、を含むことを特徴とする前記装置。

【請求項16】 更に、ライニング材料を提供する手段、前記金属管及び前記金属管の中の材料を冷却する手段；溶接作業を光学的に監視する手段；及びガスを提供する手段を含む補助機器ヘッドを含むことを特徴とする、請求の範囲第13項に記載の装置。

【請求項17】 前記制御手段が更に作動して前記補助機器ヘッドの動きを調整することを特徴とする、請求の範囲第16項に記載の装置。

【請求項18】 前記補助機器ヘッドが更に耐摩耗性でかつ耐食性材料を前記溶接溶融体に加える手段を含み、前記耐摩耗性材料は劣化することなく前記レーザー溶接溶融体中に均一に分布されることを特徴とする、請求の範囲第17項に記載の装置。

【請求項19】 内面をライニングする装置において、前記装置が：

- a) レーザ照準光学ヘッド；及び
- b) 重力を負荷することにより前記内面のライニングを構成する一連の平滑で、均一な溶接部を作り出すことにより前記内面の底面に溶接する手段、を含むことを特徴

とする前記装置。

【請求項20】 前記レーザ照準光学ヘッドは、前記内面が配置される水平面に垂直な単一方向で溶接部に向けられることを特徴とする、請求の範囲第19項に記載の装置。

【請求項21】 前記内面が管の内面であることを特徴とする、請求の範囲第20項に記載の装置。

【請求項22】 前記内面が凹凸形状であることを特徴とする、請求の範囲第20項に記載の装置。

【請求項23】 前記内面が金属から作られることを特徴とする、請求の範囲第21項に記載の装置。

【請求項24】 更に前記金属管を回転する手段を含むことを特徴とする、請求の範囲第23項に記載の前記。

【請求項25】 更に前記レーザ照準光学ヘッドを前記金属管の端から端まで水平に動かす手段を含むことを特徴とする、請求の範囲第24項に記載の装置。

【請求項26】 レーザ溶接により金属管をライニングする装置において、前記装置が：

a) レーザ光を前記金属管の第1端部の中に放出するように配置された光源；及び

b) 前記レーザ源からの光を偏向するように配置されて、第2端部から前記金属管に入るように配置されたレーザ照準光学ヘッド、を含むことを特徴とする前記装置。

【請求項27】 更に、水平軸に沿って前記金属管の中心点に配置されて、前記レーザ照準光学ヘッドを支持する支持体ロッドを含むことを特徴とする、請求の範囲第26項に記載の装置。

【請求項28】 前記第2端部から前記金属管に入るように配置された補助機器ヘッドを含むことを特徴とする、請求の範囲第27項に記載の装置。

【請求項29】 更に前記金属管の端から端まで水平に前記補助機器ヘッド及び前記レーザ照準光学ヘッドを動かす手段を含むことを特徴とする、請求の範囲第27項に記載の装置。

【請求項30】 更に、前記レーザ照準光学ヘッド；及び前記補助機器ヘッドの動きと前記レーザ光の発生を調整する制御手段を含むことを特徴とする、請求の範囲第29項に記載の装置。

【請求項31】 前記補助機器ヘッド及び前記レーザ照準光学ヘッドが一緒に接続されて前記水平軸に沿って一緒に動くことを特徴とする、請求の範囲第30項に記載の装置。

【請求項32】 前記レーザ照準光学ヘッドが、整形(shaped)ミラーを含むことを特徴とする、請求の範囲第31項に記載の装置。

【請求項33】 前記レーザ光が、ドーナツ光(donut-light)形状に配置されることを特徴とする、請求の範囲第32項に記載の装置。

【請求項34】 前記円錐ミラー及び前記ドーナツ状整

形レーザ光が多方向溶接を行なうことを特徴とする、請求の範囲第33項に記載の装置。

【請求項35】 前記整形ミラーが調節可能な円錐ミラーを含み、全方向溶接が行なわれることを特徴とする、請求の範囲第34項に記載の装置。

【請求項36】 レーザ溶接により金属管をライニングする装置において、前記装置が：

a) 前記金属管の第1端部から前記金属管に入るレーザ光を偏向するように配置されたレーザ照準光学ヘッドであって、前記レーザ照準光学ヘッドは回転可能式に取付けられて、前記金属管の第2端部から前記金属管に入るように配置されること、を特徴とする前記装置。

【請求項37】 更に前記金属管の前記第2端部から前記金属管に入るように配置された補助機器ヘッドを含むことを特徴とする、請求の範囲第36項に記載の装置。

【請求項38】 前記レーザ照準光学ヘッド及び前記補助機器ヘッドと一緒に回転することを特徴とする、請求の範囲第37項に記載の装置。

【請求項39】 更に前記レーザ照準光学ヘッドの回転と、前記金属管を貫通する前記レーザ照準光学ヘッド及び補助装置ヘッドの直線状の動きを調整する手段を含むことを特徴とする、請求の範囲第38項に記載の装置。

【請求項40】 レーザ溶接により金属管をライニングする方法において、前記方法が：

a) 前記金属管を水平状態に配置する段階；

b) レーザ照準光学ヘッドを前記金属管に入れる段階；及び

c) 前記金属管に沿った単一方向に前記金属管を回転して、前記レーザ溶接ヘッドを動かしながら単一方向に複数のレーザ溶接を実施する段階、の各段階を含むことを特徴とする前記方法。

【請求項41】 前記レーザ溶接が螺旋状に実施されることを特徴とする、請求の範囲第40項に記載の方法。

【請求項42】 スポット溶接を実施するために前記金属管の長手方向軸に沿って予め定められた位置まで前記金属管が回転されて、レーザ照準光学ヘッドが動かされることを特徴とする、請求の範囲第40項に記載の方法。

【請求項43】 前記金属管が鋼を含み、前記ライニングが耐食性でかつ耐摩耗性ニッケルクロムマトリックスを含むことを特徴とする、請求の範囲第40項に記載の方法。

【請求項44】 更に耐摩耗性材料を前記複数のレーザ溶接部の各々に加える段階を含むことを特徴とする、請求の範囲第43項に記載の方法。

【請求項45】 前記耐摩耗性材料が二ホウ化チタン(TiB<sub>2</sub>)から成ることを特徴とする、請求の範囲第44項に記載の方法。

【請求項46】 前記金属管が鋼であることを特徴とする、請求の範囲第44項に記載の方法。

【請求項47】 レーザ溶接により金属管をライニングする方法において、前記方法が：

a) 前記金属管の第1端部から前記金属管にレーザ照準光学ヘッドを入れる段階；及び  
b) 前記金属管の第2端部からのレーザ光を伝送して前記レーザ照準光学ヘッドにより偏向させて前記金属管の中でレーザ溶接を実施する段階、の各段階を含むことを特徴とする前記方法。

【請求項48】 前記レーザ溶接が多方向性であることを特徴とする、請求の範囲第47項に記載の方法。

【請求項49】 更に：

c) レーザ溶接の段階を繰り返しながら、前記金属管の軸に沿って前記レーザ照準光学ヘッドを動かすことを特徴とする、請求の範囲第48項に記載の方法。

【請求項50】 前記金属管の長手方向軸に沿って前記レーザ照準光学ヘッドを動かしながら前記金属管が回転されることにより記金属管の内部全体にわたってレーザ溶接を実施することを特徴とする、請求の範囲第49項に記載の方法。

【請求項51】 前記金属管の長手方向軸に沿って前記レーザ溶接ヘッドが回転されて動かされことにより前記金属管の内径全体のレーザ溶接を実施することを特徴とする、請求の範囲第50項に記載の方法。

【請求項52】 レーザ溶接により内部をクラッディングする方法において、前記方法が：

a) 前記内面に沿って予め定められたパターンで作業するようにレーザ照準光学ヘッドを配置することにより一連の溶接溶融体を生成する段階であって、各溶接溶融体は高温先端部及び低温テーリング部(tailing)を有すること；及び

b) 前記の各溶接溶融体の前記テーリング部に耐摩耗性材料を加えることにより前記耐摩耗性材料は劣化することなく前記溶接溶融体全体に均一に分布される段階；の各段階を含むことを特徴とする前記方法。

【請求項53】 前記内面が金属管の内部にあることを特徴とする、請求の範囲第52項に記載の方法。

【請求項54】 各前記溶接溶融体がニッケルクロム混合物で構成されることを特徴とする、請求の範囲第53項に記載の方法。

【請求項55】 前記耐摩耗性材料が二ホウ化チタン(TiB<sub>2</sub>)から成ることを特徴とする、請求の範囲第54項に記載の方法。

【請求項56】 前記金属管が回転されることを特徴とする、請求の範囲第55項に記載の方法。

【請求項57】 前記レーザ照準光学ヘッドが回転されることを特徴とする、請求の範囲第55項に記載の方法。

【請求項58】 (a)第1金属材料の基材；及び(b)耐摩耗性ニッケルクロムマトリックスのレーザクラッドライニングを含むこと、を特徴とする溶融プラスチックの

押出用に改造された可塑化バレル。

【請求項59】 更に二ホウ化チタンの耐摩耗性材料を含むことを特徴とする、請求の範囲第58項に記載の可塑化バレル。

【請求項60】 更にNa<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>・5H<sub>2</sub>Oの結合材を含むことを特徴とする、請求の範囲第59項に記載の可塑化バレル。

【請求項61】 (a)前記金属管にスラリーを挿入する段階であって、前記スラリーはライナー材料を含むこと；(b)前記金属管の中に前記スラリーを遠心铸造して前記金属管の内径全体に均一な硬い被覆層を形成する段階；及び(c)前記硬い被覆層をレーザ溶接して前記ライナーを形成する段階、の各段階を含むことを特徴とする管のライニング方法。

【請求項62】 前記管が金属で作られることを特徴とする、請求の範囲第61項に記載の方法。

【請求項63】 前記スラリーが：(a)ニッケルクロム混合物；(b)水と混合されたNa<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>・5H<sub>2</sub>O；及び(c)TiB<sub>2</sub>耐摩耗性材料、から成ることを特徴とする、請求の範囲第62項に記載の方法。

【請求項64】 遠心焼成の前記段階が200°と600°Fの間の温度で実施されることを特徴とする、請求の範囲第63項に記載の方法。

【請求項65】 前記被覆層が、前記遠心焼成プロセスにより実質的に、0.40インチの厚さに形成されることを特徴とする、請求の範囲第64項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】(技術分野)本発明は、概ね、プラスチックを押出すために使用される、例えばスクリュー付きバレルのような可塑化構成部品の分野に関する。詳しくは、本発明は、より耐摩耗性で、かつ耐食性の可塑化バレル用の構造体、及び前記の改良されたバレルのライニングを製造する技術に関する。

【0002】(背景技術)押出機及びチューブ押出機(概ね、ゴム押出機)は少なくとも20世紀の初頭から使用されてきた。プラスチックの出現に伴い、前記押出機に対する需要は更に大きくなり、加工条件は厳しさを増してきている。元来、前記装置は、ライニングのない単一材料バレルの内部で回転する本質的に単純なスクリューであった。このような装置は、材料を加工することが新しさを増し、しかもより難しくなることから最早、見られない。

【0003】これら構成部品の両方とも、金属と金属との接触による摩耗、並びにプラスチックやゴム化合物の中の摩耗性及び腐食性フィラーによる摩耗を受ける。当初のバレルは強化されて改良された耐摩耗性を発現する内面を有していた。1950年代の後半には、引用文献によって本明細書に組み入れられている、Plasticating Components Technology、1997年、の署名のSiprexの書籍に簡潔

に記載されている遠心注型法を使って2種から成る金属バレルが開発された。また、前記の改良されたバレルは、従来の押出機の他に射出成形機用に改造された。

【0004】可塑性バレルの遠心注型は、バレル支持体、即ち基材とは別の耐摩耗性及び/又は耐腐食性ライナー付きのバレルの内面をライニングするのに利用されるプロセスである。このプロセスには、室温で厚肉のバレルシリンダーの内側に、ライニング材料、例えば粉末、を装着することが含まれる。バレルの端部は蓋で塞がれ(通常は溶接される)、バレルと非溶融粉末は製造炉に入れられる。次に、ライナー材料が溶融してバレルの内面に均一に分布するまで、バレルは回転されながら加熱される。初期のライナー材料は、幾種類かの金属炭化物を作り出して窒化物バレルよりも速かに耐摩耗性の鉄/ホウ素材料であった。1968年には、改良されたライナーが、タングステンカーバイドや等価の材料のような極めて微細な金属炭化物離散粒子を加えられることにより更に耐摩耗性となった。

【0005】大抵の回転式製造炉はガス加熱式であるが、なかには誘導加熱式もある。どちらにせよ、バレルの内部ではライナー粉末は溶融するが、厚肉のバレル材料即ち基材は溶融しない点まで加熱しなければならない。溶融状態に達した後、歪が起らないように、しかもライナー材料にクラックが入らないように、このバレルは徐冷される。冷却が終わると、このバレルはその仕上がり寸法となるようにホーン仕上げ、矯正そして機械加工される。これには、バレルの吐出端部に高圧スリーブを装着しなければならないことがおおい。

【0006】この技術には多くの欠点がある。回転式装置付きのガス加熱炉又は誘導加熱炉は極めて値段が高く、いろいろな保守が必要である。このなかには、炉の耐火物表面をライニングし直すために定期的に長期間の停止が必要となることが挙げられる。更に、炉が適切に機能している時でさえ、各バレルの被覆部の整備は厄介であり、時間がかかる作業である。

【0007】また、遠心被覆プロセスでは、ライナー材料又は材料マトリックスが、支持体、即ち基材より低い温度で溶融することが必要である。このことによって、使用出来るライナー材料には厳しい制約が課せられる。結果として、耐摩耗性でかつ耐食性材料は、バレル基材より低い温度で溶融する配合物に限定される。大抵の場合、最適のバレル基材や下地材料は、取り扱い対象の材料として使用出来ない。

【0008】支持材料即ち基材材料を、基材材料の融点近くの温度まで上げ、続いて徐冷して支持材料を焼きなましすると言う要求事項もある。こうすると、焼きなましした支持材料の強度は低くなる。あいにく、前記のバレルは40,000psi以上の内圧と、最高700°Fの温度に耐えることが出来るので、現在は極めて高い強度が要求される。このような条件では、かなり値段の

高い高圧スリーブの装着が必要である。強度の低下を少なくした幾つかの新規の高価な合金は、この影響を成る程度減らすことが出来る。しかしながら、比較的高い値段にはなる。

【0009】回転製造過程では、重い方の金属炭化物粒子は、遠心力によって外側へ投げ出されやすい。これによって炭化物粒子は、耐摩耗性にとって必要とされる内面から外側へ移動される。結果として、こうして生成したライニングは、金属炭化物粒子がこのライニングの内面に適切に配置されるか或いはライニング又はクラッド全体に均一に分布される場合よりも、摩耗によって生じる摩減を速かに受けやすい。

【0010】製造過程で達する高いバレル温度によって、プラスチック加工作業には重要である真直度を維持することは難しくなる。繰り返し曲げによって比較的脆いライナーにクラックが入るのでバレルの矯正は、従来の矯正プレスによって行なうことが出来ない。回転製造法ではライナー及びバレル基材を加熱するのに長時間かかる。ライニング作業の後の徐冷に更に時間がかかる。このために労務費と電力費が嵩む。

【0011】ライニング工程は極めて短時間でかつ極めて狭い範囲と温度でのみ旨いので、その結果は、満足されないことがおおい。高温とこの高温で経過する長時間によって、基材材料がバレルライニング材料へ移行して希釈が起こる。このことによって、硬度が低下して耐摩耗性が低下する。また、母材の鉄材料が基材へ移行することにより、或る利用分野では耐食性が低下することがある。高温での長時間によって内面のライナーを被覆する金属炭化物粒子がマトリックス材料(ライナーを構成している)の中で溶融して溶液となりその炭化物粒子は役に立たなくなる。

【0012】温度が低すぎると、及び適正な高温での時間が短かすぎると、金属結合が不十分になることがある。そのような不十分な金属結合とは、ライナーがバレル基材、即ち支持材料から分離する場合があることを意味する。この状態では、バレル全体が使用出来なくなることがある。更に、或る場合には、ライナーが部分的に剥離して溶融プラスチックを交差させる及び/又はバレルの中で溶融プラスチックを押すスクリュを汚損する場合がある。いずれの場合でも、バレルは致命的な破損を受けて、バレルの中に加工されているプラスチックは駄目になる。

【0013】バレルライナーを作る全く異なった方法は、レーザー溶接又はクラディングで構成される。レーザークラディングは、母材又は基材材料に別の表面をレーザー溶接することである。この新規のプロセスは、前述の全ての短所を減らす、又は解消する。

【0014】バレルの内径(ID)には、比較的従来型のMIG又はTIG溶接を行なうことが出来るが、比較的小さい直径のバレルにまで入り込むのは比較的難しい。

加熱によって影響を受ける区域がかなり広く、そして溶接表面が狭いと、レーザー溶接の“ニアネットシェイプ”(near-net shape)”と比較して仕上がりが状態ではかなりコスト高になる。

【0015】バレルのIDのレーザー溶接では、ペースト若しくは別のライナーチューブの形で溶接の前に、或いは粉末若しくは連続ワイヤーを使う溶接の過程でライナー材料を堆積することが含まれる。レーザー溶接機には、通常、離れた光源から光ファイバーと光学系によって伝送されるレーザービーム、或いは直接のレーザービームが含まれる。

【0016】この技術には多くの長所がある。例えば、3/4インチほどの細い直径の中に入れてもレーザー溶接が出来る装置が作られている。また、レーザークラディングは、ライナー材料がバレル材料を殆ど希釈しない極めて浅い加熱深さである。また、この技術では、この基材には殆ど歪も発生しないので、曲げ又は歪み易さは減る。

【0017】レーザークラディングは、バレル基材より高い温度で溶融する材料を含めて、使用対象の材料を広範囲から選択出来る比較的自由度のあるプロセスでもある。このことから、ライナーの耐摩耗性被覆層として改良されたマトリックス材料及び改良されたセラミックス又は炭化物材料を得ることが出来る。耐摩耗性炭化物又はセラミックスの離散粒子は回転製造時には基材の中へ移行しない。このことによって、これらの粒子は必要される箇所へ均一に分散される。

【0018】この基材は溶接の前に必ずしも予熱する必要はないので、製造時間は短くなり、コストは下がる。レーザー溶接プロセスによって与えられる熱は大幅に減り、しかも溶接時に内的方法と外的方法によって取り除くことが出来る。このことは、長い冷却時間を省くことが出来ることを意味する。結果として、このプロセスは遠心鍛造より短時間で済ませることが出来る。

【0019】回転鍛造の場合のように、基材が溶融するより低い温度でライナーが溶融する、ろう付けプロセスではなく、むしろレーザー溶接は冶金学的結合による真の溶接プロセスである。レーザークラディング装置は、概ね、ガス燃焼炉又は誘導加熱炉よりコストは低い。

【0020】パイプの内部をレーザークラディングするための数種の装置が発明されていて市販されている。これらには、EPR I 特許の米国特許第5,653,897号及び第5,656,185号、並びにIHI特許の米国特許第5,426,278号が挙げられる。米国特許第5,496,422号；第5,196,272号；及び第5,387,292号も挙げられる。前記の特許は、全て、本発明の理解を更によくする為に引用文献によって本明細書に組み入れられている。これらの装置は、発電設備での損傷又は腐食した熱交換器のチューブを補修するために設計されている。これらの装置は、回

転させることが出来ない比較的長くて固定されたパイプの中の短くて局所的補修をするために設計されている。従って、これらの各装置では、溶接には回転式レーザーヘッドを使用する。前記の特許に記載されている装置には、ワイヤー、粉末、ペースト及び薄肉チューブによってクラディング材料、即ち埋め込み材料を挿入することが含まれる。このペーストと薄肉チューブは、レーザークラディングする前に所定の場所に前もって入れられる。EPR I 特許の場合、レーザークラディングを行なう時、巻き線を簡単に手に取る事が出来、そしてすぐに供給するためにこの巻き線はパイプの中の補修区域の直ぐ上に置かれる。この方法は、ボイラーの補修で一般的に必要とされる長手方向軸での短い溶接部に限られる。重力の助けがないと粉末は目詰まりしてクラディングが妨げられるので、水平状態で導入するのは難しい。これらの種々の溶接装置の図面はこれらの特許に示されている。

【0021】L/Dが20:1以上のパイプの長い又は全長に亘るクラディングの場合、ヘッド及び特に反射ミラーは冷却しなければならない。このことは、空気又は水のような冷却流体によって行なうことが出来る。EPR I 特許は、パイプの中のヘッドを回転する必要がある軸受以外は前記の冷却をしない。IHIの装置は、レーザー光源の方向から来る(空気による)冷却が可能である。

【0022】これらの装置は全て、あらゆる補助手段を管のレーザーヘッド端部から導入させなければならない、と言うのは、反対の端部からの出入りは不可能であること、そしてレーザー側の端部から行なわれる操作と調整が出来ないからである。これらの補助手段には、光ファイバーモニター、ワイヤー/粉末供給器、冷却媒体、光学部品(レンズ)及び集束装置を挙げることが出来る。

【0023】主題の特許に開示される装置は、絶えず変化する表面に溶接する。このことは重力の影響によって、不均一で平滑さの少ない表面となりやすい。垂直なパイプでクラディングが行なわれる場合、溶融体プールは平坦にはなり難く、表面には非常に発達したリングやその他の歪部が発生することがある。いずれの場合にも、或る一定の方法で表面を平坦にして平滑にする本来の傾向はない。

【0024】また、従来からのレーザー溶接プロセスで現在使用されている材料は主として耐食性として使用される。ボイラー管(従来のレーザー溶接が行なわれる)は、可塑化バレルで使用される種類の材料の摩耗を受けないので、この従来技術をこのように限定して使用することは妥当である。

【0025】また、現在入手可能な標準的市販品のサイズより小さい装置を作るニーズもある。特に、14mm(0.551インチ)程の小さいI.D.のバレルが可塑化バレル用に使用される。従って、この可塑化バレルの



内部をクラディング又はライニングするには適切な溶接装置が必要となる。従来の回転式溶接装置は、ライニング又は溶接対象の管の一方の端部から全ての操作をする。従って、そのような溶接装置のサイズを縮小することは厳しく限定される。溶接ヘッドは、全ての補助手段ばかりでなく軸受類も含まれなければならないので、このことは特に意味がある。このような構造体全体は、管の片方だけから被溶接管の中に挿入される。結果として、溶接装置全体のサイズを縮小することは極めて問題があり、可塑化バレル用に使用される比較的小さいサイズを受け容れることは出来ない。

【0026】従って、更に小さいサイズの可塑化バレルに対応して、前記の可塑化バレルに平滑で均一な内部ライニングを提供出来る装置に対するニーズがある。当然、このような装置は汎用性がなければならず、そして多種多様な技術を使っても妥当なコストで最適な製品を製造出来なければならない。

【0027】(発明の要約) 管又はあらゆる内面をライニングする場合、従来の技術の欠点を解決する装置を提供することが本発明の1つの目的である。

【0028】内径(I. D.)用の、多種多様な管径及びクラッド材料が適応出来るほど充分な汎用性がある装置を提供することがもう1つの目的である。

【0029】従来の技術及び装置によって現在可能であるよりも小さいI. D. サイズを受け容れることが出来る管の内径をライニングする装置を提供することが更なる目的である。

【0030】管の内径をライニングする場合に、既存の溶接技術で可能であるよりも均一なライニングが達成出来る装置を提供することが本発明の追加の目的である。

【0031】I. D. をライニングする場合に、平滑材(smoothing agent)が、可塑化バレルのクラディングを構成する各溶接部に均一な状態で作用する装置を提供することも、これまた更なる目的である。

【0032】金属管の内部をレーザクラディングする場合に、装置が従来の装置と比較して、開始するのに比較的簡単である装置を提供することも、もう1つの目的である。

【0033】金属管の内部をレーザクラディングする場合に、短い作業時間で済むプロセスを提供することが本発明の、尚、更なる目的である。

【0034】従来の装置で支払う費用より少ない費用で金属管のライニングを迅速かつ容易に修理する装置を提供することが本発明の、尚、もう1つの目的である。

【0035】レーザ溶接により金属管の内部をライニングする場合に、回転式レーザヘッドの従来からの必要性が避けられるシステムを提供することが、再び示す本発明の目的である。

【0036】レーザ溶接を使って金属管をライニングす

る場合に、溶接ヘッドの動きが被溶接管の軸に沿ってのみ要求される装置を提供することが本発明の、尚、もう1つの目的である。

【0037】耐摩耗性材料がレーザ溶接クラディングに均一に分布されたままになるように、耐摩耗性材料が加えられるレーザ溶接を使って金属管をライニングすることが本発明のまた更なる目的である。

【0038】従来の溶接技術、具体的にはMIG方法及びTIG方法、から得ることが出来る事前機械加工された比較的平滑な溶接部を提供することが本発明の、尚、もう1つの目的である。

【0039】内面を容易に溶接作業をする場合に、この内面に正確な量の材料を均一に予備被覆する方法を提供することが本発明の、尚、もう1つの目的である。

【0040】耐摩耗性材料を溶融させることなく、そうでなければ劣化させることなく溶接溶融体の中に耐摩耗性材料の均一なパターンを正確に描く装置を提供することが本発明の、また更なる目的である。

【0041】可塑化バレルの更に迅速な予備溶接の開始を容易にすることが本発明の、尚、もう1つの目的である。

【0042】本発明のこれら及びその他の目標及び目的は、押出された溶融プラスチック用に改造された可塑化バレルによって達成される。このバレルは、第1金属材料から成る基材、及び第2金属材料から成るライナーを含む。このライナーはレーザ溶接によって作製されてバレルの直径全体にわたって実質的に均一なクラッドとなる。このライナーが形成されるとレーザ溶接による仕上げ状態で15mm未満の内径を有する。

【0043】本発明のもう1つの実施態様では、可塑化バレルは溶融プラスチックの押出用に改造され、第1金属材料の基材及び第2金属材料のライナーを含む。このライナーは、第2金属マトリックス材料のレーザ溶接によって形成され、バレルの内部をクラディングする。耐摩耗性の層は、第3の材料組成物から形成されて、金属マトリックス全体に亘って非溶融状態で均一に配置される。

【0044】別の実施態様は、金属管の内部にライニングをレーザ溶接する装置で構成されている。この装置には、金属管の第1端部からその金属管に入るように配置されたレーザ溶接ヘッドが含まれる。また、この装置には、前記金属管の第2端部から金属管に入るように配置された補助機器が含まれる。

【0045】本発明の、尚、追加の実施態様では、レーザ溶接による金属管のライニング装置がレーザ照準光学ヘッドを含むように準備されている。また、水平状態で金属管を保持し、かつ水平軸の周りで金属管を回転させる装置も含まれる。別の装置を使って溶接が常に単一方向で行なわれるようにレーザ照準光学ヘッドの位置が決められる。制御装置が、金属管の回転運動とレーザ照準



光学ヘッドの操作を調整する。

【0046】内面をライニングするための装置が提供されることが本発明の、尚、更なる実施態様である。この装置は、レーザ照準光学ヘッド、及び底面に溶接/クラディングすることにより重力を負荷して金属管のライニングを構成する一連の平滑な均一な溶接部を生成させる機構を含む。

【0047】本発明の、尚、もう1つの実施態様は、レーザ溶接により金属管をライニングするための装置を含む。この装置は、金属管の第1端部にレーザ光を放射するように配置されたレーザ光源を含む。この装置は、また、レーザ光源からの光を偏向するように配置されて第2端部から金属管に入るように配置されたレーザ照準光学ヘッドを含む。

【0048】本発明の、尚、追加の局面は、レーザ溶接によって金属管をライニングする装置を含む。この装置は、金属管の第1端部から金属管に入るレーザ光を偏向するように配置されたレーザ照準光学ヘッドを含む。レーザ照準光学ヘッドは、回転出来るように金属管の第2端部から金属管に入るように配置されて取付けられている。

【0049】本発明の別の局面は、レーザ溶接による金属管のライニング方法によって明らかにされる。このプロセスは、水平状態で金属管を配置する段階を含む。次に、レーザ照準光学ヘッドは金属管の中に入れられる。次いで金属管に沿う単一方向に金属管を回転させて、レーザ照準光学ヘッドを動かしながら一連のレーザ溶接部を完成させる。

【0050】本発明のもう1つの局面は、レーザ溶接による金属管のライニング方法であり、その方法には、前記金属管の第1端部から金属管にレーザ照準光学ヘッドを入れる段階が含まれる。次に、レーザ光が前記の金属管の第2端部から伝送されてレーザ照準光学ヘッドによって偏向され、前記金属管の中でレーザ溶接を行なう。

【0051】本発明の、尚、追加の局面は、レーザ溶接による内面のクラディング方法である。この方法は、内面に沿って予め定められたパターンで作業するようにレーザ照準光学ヘッドを配置して一連の溶接溶融体を生成する第1段階を含む。各溶接溶融体には、比較的高温の部分と比較的低温のテーリング(tailing)部分がある。次いで、耐摩耗性材料は、この各溶接溶融体のテーリング部分に加えられる。結果として、この耐摩耗性材料は劣化することなく、各溶接溶融体全体に均一に分布される。

【0052】本発明のもう1つの追加の局面は、溶融プラスチックを押出すのに改造された可塑化バレルによって明らかにされる。このバレルは、第1金属材料製であり、第2金属材料のレーザクラッドライニングが装着される。この第2金属材料はニッケルとクロムの混合物である。

【0053】本発明の、尚、追加の局面は、スラリーを金属管に挿入する第1段階を含めた管のライニング方法である。スラリーはライナー材料を含む。次に、金属管は遠心鑄造されるとスラリーの均一で硬い被覆層を形成してこの管の内径に接着する。次いで、レーザ溶接がこの被覆層で行なわれると、金属ライニング仕上がり品が形成される。

【0054】(好ましい実施態様の詳細な説明)本発明の第1の実施態様を図1で説明する。溶接ヘッド7は、本図に示すように2種類の主要な構成部品を含む、即ちレーザ照準光学装置4溶接ヘッド、及び補助装置である。これらは、各々、ハウジング6及び7に取付けられている。両方のハウジングは、金属管、即ちバレル1の内部に配置され、その中でレーザ溶接クラディングによってライニングが作製されることになっている。簡単にするために、管1のその他の壁は図1には示されていない。

【0055】レーザ溶接ヘッド7のレーザ照準光学装置4を使って、レーザビーム2を点3へ向けさせるが、この点で溶接部は管1のライニングを形成するために配置されることになっている。照準光学装置4はレンズ系及び反射ミラー5を含む。照準光学装置は支持体構造体6の内部に含まれていて、どちらかを補助装置に付けられるか、又はそれから離すことのどちらも可能である。例えば、補助装置はレーザ照準光学装置ハウジング6から離して別のハウジング8に配置することが出来る。2個のハウジングとそれらの構成部品を離した場合の異なる形態は本発明の範囲内で使用出来る。

【0056】補助装置はそれ自体のハウジング即ち支持体構造体8の中に取付けられて、種々の異なる要素を含む。そのような要素の例は、冷却装置9；ガス供給導管10；及び供給機構11であり、この機構は溶接箇所3にクラディング材料を提供する役割をする。溶接部の諸特性及び溶接プロセスの進行を適切に監視出来るように光学装置12を加えることが出来る。

【0057】補助装置ハウジング8もレーザ照準光学装置ハウジング6も、ハウジング6、8及び金属管1の間の接点として役立つ軸受(図示せず)によって支持することが出来る。多種多様な支持機構が利用出来、一般的に当業界では概ね周知されている。

【0058】補助装置用のハウジング8をレーザ照準光学装置用のハウジング6から分離する1つの利点は、これらの2種類の構成部品が、金属管の相対する2つの端部から金属管1に挿入出来ることである。このような利点は、2種類の構成部品及び3種類のハウジングを従来の装置よりも速かに小さく作ることが出来るので、可塑化バレルのような極めて小さい金属管内径に適合すること出来ることである。特に、既存の慣用の装置で適合出来る最少の管径は、その管がライニングされた後の管の内径で約19mmである。本発明は、14mmほどの小

さい内径、或いはそれより小さくても適応出来る。

【0059】また、補助装置及びレーザ照準光学装置の2種類の別々の構造体を使用すると、従来の装置で見られるより遥かに高レベルの汎用性を発現する。結果として、図2(a)及び4(a)で示しているように多種多様の形態が可能である。しかしながら、本発明は、これら2枚の図面に示している実施態様に限定されることなく、一旦、本発明が教示されてしまうと当業者が思い浮かべる多くの他の変形体や等価物を含める。

【0060】補助装置及びレーザ照準光学装置4、8を含む別々の縮小サイズの構造体による更なる利点は、追加の補助装置を補助装置ハウジング8又はレーザ照準光学装置ハウジング6のどちらかに加えることが出来ることである。1つの例は、金属炭化物のような耐摩耗性材料を溶融溶接材料又はマトリックスに加えるのに使用出来る追加の材料供給装置(図示せず)である。そのような材料は、溶融した溶接マトリックスの中に深く沈降して耐摩耗性粒子の価値を下げる可能性がある。しかしながら、本発明によって発現される汎用性によって耐摩耗性材料は、溶融溶接マトリックスの特定の部分に加えられようこの材料を溶接溶融体に供給することが出来る。結果として、耐摩耗性粒子は完全性を維持して有効に作用する。

【0061】図5で定義されるように、レーザ溶接溶融体50は、テーリング部54より高い温度にある前方溶融部53を有する。耐摩耗性材料52がマトリックス材料11と共に溶液の中に入り込み易くならないように、この材料52は、溶融溶接材料50の比較的低温のテーリング部54に加えられる。耐摩耗性材料52は溶接溶融体50のテーリング部54に加えられるので、この材料はレーザビーム2によって劣化しない。従って、これらの材料が溶融して溶液となり、その結果、溶接溶まり(weld puddle)とになる傾向は少ない。むしろ、耐摩耗性粒子52は、溶接溶まり50全体に均一に分布出来るようにこの粒子の完全性を保持している。このようにして、耐摩耗性材料は、従来の装置を用いた場合より遥かに効果的に機能する。

【0062】2個のハウジング6及び8は、各々、管1の別々の端部から供給されるので、内径15mm未満の管或いは凹凸のある表面さえライニングする能力を依然として維持しながら、追加の装置(耐摩耗性材料用の供給装置のような)は、確かに本発明の能力の範囲内にある。

【0063】図1は、本発明の別の好ましい実施態様で溶接する場合のレーザ照準光学装置4、5の好ましい位置決めを示している。溶接箇所3は、管1の水平方向及び垂直方向に関して常に同じ位置にある。このようなことにするためには、レーザ2は常に同じ位置に向けさせて管1を回転させる。図2(b)及び4(b)に示すように、管1はロール21によって水平軸20の周りを回転

することが出来る。しかしながら、別のハンドル機構を使って管1を回転出来る。制御装置(図示せず)を使うことにより、管1の回転運動とレーザビーム2の操作を調整して、管1のライナーを構成するレーザ溶接クラディングを行なう。このような制御装置は、従来技術では既に公知であり、本発明を説明するために更に詳述する必要はない。

【0064】溶接箇所3で発生して、管1の仕上げられたライナー(図5の51として示されている)のレーザ溶接クラッドは、本発明のもう1つの特徴によって特に平滑である。溶接箇所3は、常に水平なレベルの管1の最低箇所が発生するので、重力が各溶接箇所を平滑にする役割をして各溶接箇所と、こうして生成するライナー51は従来の技術によって見られるよりも遥かに平滑になる。特に、最終製品を機械加工する前に本発明で達成される仕上がり具合は、.010ないし.005インチの平滑度のばらつきである。更に、本発明は、更に小さい平滑度のばらつきさえ達成出来る。

【0065】本発明の正常な作業は、スパイラル、即ち螺旋形状の溶接されたクラッドを作り出すことである。このようなスパイラル形状は、管1の回転、及びレーザ照準光学装置4による水平軸に沿う管の動きによって作り出される。また、これら2つの運動は制御装置(図示せず)によっても調整される。最終的に、管1のライナーを構成するスパイラル形状の溶接パターン化する制御装置のプログラミングは、普通のプログラミング技術によって得ることが出来るので、本発明を理解するための更なる詳述は必要ではない。

【0066】今までとは別に、レーザ照準光学装置ハウジング6及び補助装置ハウジング8は、そり(s led)22に取付けされていて、図2(a)及び4(a)に示すように直線運動装置25を使って管1の中を移動出来る。溶接作業と調整する直線運動装置25の操作は、当業界で既に利用可能な技能を超える特別な専門的技術を必要としない。レーザ照準光学装置ハウジング6が補助装置ハウジング8に接続されていない場合、レーザ照準光学装置ハウジング6の運動と調整される補助装置ハウジング8を動かすのに追加の直線運動装置が必要である。これには余分の複雑さとコストがかかる。

【0067】このような欠点は、図4(a)の配置によって解消することが出来、その場合、補助装置はユーティリティーの増設管の内部に収められるレンズ系に接続され、そして回転ミラー41で構成される。レーザビーム2は、レーザ照準光学装置41及び補助装置とは反対側の、管1の端部から供給される。図4(a)の実施態様では回転ミラー41及び補助装置は、そり22によって管1の内部で支持されている。この実施態様では、レーザビーム2は、管の中の回転ミラー41及び補助装置の反対端部から管1に入るので、本発明の利点が維持される。管24用の回転装置は必要であり、本発明の他の実

施態様では見られない余分の複雑さとコストが加わる。更に、装置の直線運動(制御装置25によって制御される)と、管24の回転(制御装置43によって制御される)との調整によって、更に、本発明に余分のレベルの複雑さが加わる。

【0068】このことは、本発明の特定の実施態様の好ましい使用方法、即ち補修目的のための管1内部のスポット溶接によって容認される。このようなプロセスを実施することによって、老朽化又は摩耗した管1を再ライニングする費用を使う必要はない。むしろ、摩耗範囲はクラディングによって充填して、既存のライニングまで平滑にすることが出来る。このことによって、直線運動/管回転の仲介部分43のような追加の制御装置の費用は容認される。従って、完全に新規のライニングを作り出すこと及び/又はライニング全体を再加工する費用は、本発明の図4(a)の実施態様によりレーザクラッドや従来のライナーからは避けられる。

【0069】図2(a)は、本発明のもう1つの実施態様を示している。図4(a)の実施態様の場合のように、本実施態様は、管1の両端部を使ってレーザ溶接装置の体制を整える。しかしながら、より高度の単純さはレーザビーム2を多方向に偏向させる円錐ミラー23を使用することによって得られる。本実施態様によると、管1の内部全体に溶接を行なうには管1か又はユーティリティの増設管24(円錐ミラー23に付いている)のどちらかを回転することが矢張り必要である。

【0070】溶接範囲を更に広げること、従って、より速い溶接プロセスは図2(a)の実施態様によって得ることが出来る。この実施態様は図3(a)に示すように円錐ミラーを使用する。レーザ光が、管(1)の内部の予め定められた範囲に均一に向うように円錐ミラーは配置される。円錐ミラーを動かすか又は円錐ミラーの直径及び形状を調節することにより、溶接部位3の形状及び場所は容易に変更出来るようにこの円錐ミラーは調節可能である。溶接範囲をこのように変更することは図3(b)に示されている。しかしながら、溶接範囲の寸法及び形状は、図3(b)に示しているものに限定されない。

【0071】むしろ、多種多様なミラーサイズ及び形状を使うと、レーザビーム2を管1の内部(又は内面のその他の任意の形状)の特異点に向けることが出来、そしてミラーサイズも形状も調節能力があるので、溶接装置は或る管から別の管へと容易に移動させやすい。更に、レーザビーム2は、図3(a)の例ではドーナツ型であるけれども、このレーザビームは、所望の溶接形態に対して適切と思われる任意の方法で形態化出来る。従って、また、いずれかのサイズ及び形状の円錐ミラーを使うと、所望の溶接パターン或いはその他のレーザ溶接特性を得やすくなることが出来る。

【0072】特に関心があるのは、溶接箇所3を、ミラーの真正面か又はミラーの真後ろのどちらかに向けさせ

るミラーの形態(図示せず)である。このような配置は、溶接箇所3をミラーから離れたままにするのに有効であり、それによってこのミラーは溶接の熱、又は溶接のどの副生物によっても被害を受けない。

【0073】図3(a)の例に示している調節可能な円錐ミラーを使用すると、管1の内径の多方向溶接が容易になる。このような配置によって、また、全方向溶接も勿論行なうことが出来る。これによってレーザ溶接作業は大幅に速くなる。本発明の他の実施態様のように、本実施態様によっても本溶接プロセスから、より平滑で、より均一な“ニアネットシェプ”表面が得られる。結果として、溶接後の機械加工作業は大幅に減り、それによってライニング作業全体のコストが下がり、それにかかる時間が短縮される。

【0074】或る形状のミラー装置は、図2(a)に示される補助管23に簡単に取付けられる。ミラー(図2(a)に示しているような円錐ミラー23)と前述の全ての補助装置を含む補助管23との関係は、ミラーの位置に対して特定の溶接箇所(又は一連の溶接箇所)として役立つように配置出来る。従って、従来の装置類の汎用性より汎用性が拡張された本発明の更なる局面を得ることが出来る。

【0075】本発明の前記の実施態様によって発現される多くの利点があるけれども、尚、その他の実行出来る改良点もある。例えば、ワイヤーを溶接箇所へ送り込むことは、特にワイヤーが数フィートを超えて移動する場合には問題となることがおおい。ワイヤーが硬い材料を含むと、このワイヤーは固くなり供給過程で振れたり或いは切れやすい。この問題を処理する1つの方法は、供給路に沿ってワイヤーの摩擦を減らすために特別なライナーを使用することである。しかしながら、ワイヤーが切れると、ワイヤーの硬い材料がライナーを汚損して別の問題を引き起こす。もう1つの解決策は、2個の別々のワイヤー供給装置、即ち1個はワイヤーロールに置き、もう1個は溶接ヘッド又は補助ヘッドの近くに置く、を使用することである。残念ながら、ワイヤー供給装置を小さい可塑化バレルの中にはめ込むことは極めて難しいことがおおい。結果として、ワイヤー供給装置(マトリックス材料用も耐摩耗性材料用も)を使用することによって、ライニング出来る管径に対する本発明の利点が制約される場合がある。

【0076】1つの解決策は、重力を利用して、離れた距離に粉末を送り届けることが出来るような或る角度で粉末を送り出すことである。粉末が確実に供給されるように、溶接の場合には金属管を斜面に置くことが出来る。しかしながら、この方策には本質的に幾つかの問題がある。よくあることは、傾斜した溶接機の追加の高さに適応するように天井を更に上げて製造装置を改修しなければならない。こうした配置も溶接機のコストを引き上げる。更に、溶接対象の溶接部品を観察して手を加え

るのが更に難しくなる。また、再配列対象の管を傾斜させることにより、本発明の前述の実施態様の利点のなかには失われるものもある。

【0077】本発明の本実施態様は、被ライニング金属管の内部又はその他の内面に成る材料の厚肉の、平坦な被覆層を装着することにより、これらの諸課題を解決する。この被覆層は多くのいろいろな形状やサイズに適用することが出来、しかも本発明について説明したレーザ溶接プロセスに必要な全てのものを含んでいる。従って、この被覆層は、可塑化バレルの仕上げライニングに必要なマトリックス材料も硬い、耐摩耗性材料も含んでいる。

【0078】本発明の被覆層には、溶接部全体に金属接合材として作用するニッケルクロム合金のようなマトリックス材料が挙げられる。硬い耐摩耗性材料もこの被覆層の一部であり、粉末としてマトリックス材料と一緒に混合されると金属管の内部を被覆するのに使用されるペーストを形成する。本発明の本実施態様の重要な局面は、二ホウ化チタン( $TiB_2$ )の使用法である。この物質は、同じニッケルクロム合金金属接合材の中に混合される炭化物より表面仕上げ材として耐摩耗性が高いことが判った。

【0079】しかしながら、他の材料が、本発明の明細書の範囲内では同等に具合良く作用する。そのような材料の例は、“チタンセラミックス”として知られるセラミックスの系統である。これらには、二ホウ化チタン(或る好ましい実施態様で使用される)；二酸化チタン；及び炭化チタンが挙げられる。部分安定型ジルコニアも使用されていて、次を挙げることが出来る：炭化ジルコニウム；及び二ホウ化ジルコニウム。ダイヤモンド、合成ダイヤモンド又はそれらのいずれの等価物を含めて、いずれの等価物も同様に使用出来る。これらの耐摩耗性材料のいずれも本発明で使用するには被覆された金属でもよく、被覆されていない金属でもよい。溶接プロセスでの金属被覆層の使用法は、芯部の耐摩耗性材料の溶融の恐れを減らすために使用する。

【0080】ニッケルクロム合金マトリックス材料も二ホウ化チタン耐摩耗性材料も、金属管をライニングする溶接工程では粉末の形で一緒に混合される。これらの条件のもとではニッケルクロム合金の融点は、 $1,950^{\circ}F$ である。一方、二ホウ化チタンの融点は $3,000^{\circ}F$ である。二ホウ化チタン材料を溶融することなく、ニッケルクロム合金を溶融して基材材料と結合を形成するような方法で溶接プロセスは制御することが出来る。結果として、二ホウ化チタン材料は、これら2種類の材料が最も効果を発現する溶接溶融物全体に未溶解のまま均一に分布する。これらの2種類の材料は粉末として組み合わせられるので、ニッケルクロム合金マトリックス材料全体に二ホウ化チタンを均一に分布させることが出来る。

【0081】本発明の微細な粉末混合物は、被クラディング金属管内部の適切な位置の粉末に付着するのに使用される第2結合材を含む。この第2結合材は2種類の材料から成る。第1は、フラックスを溶接棒に接着するのに広く使用されている多くの材料の一つである。本発明で使用される最適の材料はケイ酸ナトリウム結晶、五水和物( $Na_2Si_3 \cdot 5H_2O$ )である。しかしながら、フラックスを溶接棒に接着するのに使用するその他の材料も使用出来るが、ケイ酸ナトリウム結晶、五水和物より有効であると期待される。第2結合材の第2成分は、粉末混合物を溶液に変えて、その結果、金属マトリックスと二ホウ化チタン粉末を懸濁状態にするのに使用される湿潤材である。水は本発明の目的に対して好適であることが判った。しかしながら、その他の湿潤材が使用出来る。

【0082】被覆層を構成する諸要素は、最初は粉末として混合され、いろいろなパーセンテージの各成分が使用出来る。硬い耐摩耗性材料( $TiB_2$ のような)のパーセンテージが高ければ高いほど、仕上りライナーはそれだけ耐摩耗性が高くなることは注目される。しかしながら、硬い耐摩耗性材料が多いと、被覆層材料の溶接は、より難しい。対照的に、硬い、耐摩耗性材料のパーセンテージが低いと、溶接作業はかなり容易になるが仕上がりライニングは耐摩耗性が低い。重量パーセンテージでの典型的組成物は、次の通りである：ニッケルクロムマトリックス粉末、40、45%；二ホウ化チタン耐摩耗性粉末、45%；及びケイ酸ナトリウムの水溶液、10%。しかしながら、本発明の着想の中ではその他のパーセンテージを使用しても成功する。

【0083】ケイ酸ナトリウム五水和物( $Na_2Si_3 \cdot 5H_2O$ )の水溶液を、ニッケルクロムマトリックス粉末及び二ホウ化チタン粉末と混合するとスラリーが生成する。通常は、ケイ酸ナトリウム結晶五水和物( $Na_2Si_3 \cdot 5H_2O$ )の混合物を重量で1対20の比で水と混合する。マトリックスと耐摩耗性材料粉末の混合物に加える液体結合材(ケイ酸ナトリウム結晶、五水和物及び水)の量は、被覆層が基材1に被覆される過程での湿り具合を決める。或る配合では、1部の液体結合材対4部のマトリックス及び耐摩耗性粉末が所望の結果をもたらした。しかしながら、本発明の目標及び目的を達成するにはその他のパーセンテージの混合物を使用出来る。

【0084】最も単純な実施態様では、前述のスラリーを圧送して、バレル1に注入(又は、いずれかの適切な方法で加える)した後、好ましくは約0.040インチの厚さに手際よく処理する(管1の内部のスラリーを旨く動かすことによって出来るいずれかの方法で)。成分材料が前述のパーセンテージのこの厚さのスラリーは、管の垂直な表面を垂れ落ちることはなく管の内部の適切な位置に留まる。スラリー成分を別のパーセンテージで

## 21

使うと、被覆対象の内面の別のサイズと形状にとって適切な別の被覆層厚さを得ることが出来ると理解すべきである。例えば、平坦な広い表面では、スラリーを構成する成分の別のパーセンテージと別の厚さが必要となる場合がある。その他の内面形状では、別の厚さとスラリー組成が必要の場合がある。前述の成分は、鋼製の可塑化バレルで使用されるスラリーにとって最適であると言われているけれども、等価の材料も使用出来る。そして他のタイプの材料で構成される別の内部形状では更に有効であることが判る場合がある。金属バレルの内部で前記のスラリーの平滑な被覆層を得る際の重要な因子は、バレルを回転した後、慣用の遠心焼成方法と類似の方法でバレルの内面でスラリーを焼成するプロセスによって構成される。本発明との差異は、管の内面に確実にかつ平坦に接着させるために、ペースト又はスラリーを鋼管の内面で焼成させることである。この方法では、後工程の溶接作業を遥かに効率よく行なうことが出来るので、補助装置を取めるハウジング又はレーザー照準光学装置4を取めるハウジングのどちらかを使って、材料を溶接箇所に供給することにより得ることが出来る結果よりも良好な結果となる(図1)。

【0085】本発明で使用される遠心焼成プロセスでは、空気、バレル1及び被覆層が約600°Fの温度に加熱されることが必要である。水が、被覆材料から蒸発するとバレル基材1には硬くて、しっかりと付着した残留混合物が残る。600°Fの温度は鋼製の可塑化バレルには有効であることが判っているけれども、他の被覆材料は別の温度で更に旨く接着する。焼成温度は、200°と400°Fの間が可能である。この温度は可塑化バレル1の金属を劣化させることなく管の内面に付着するスラリーを焼成するだけである。前述のように、焼成されるスラリーが付着している基材材料を劣化させることなくスラリーの焼成を行なうには、被覆対象の材料毎に別々の焼成温度と時間を必要とする場合がある。

【0086】前記の方法には、管やあらゆる内面を溶接用に調製するのに多くの利点がある。最も重要なことは、溶接作業中に溶接材料を溶接目標(sight)に送り込む必要がないことである。溶接材料は、溶接ワイヤー、溶接棒により又は粉末の射出によって送り込まれることがおおいので、特に管の内径が小さい場合には、前記の従来の技術は問題となる場合がある。大抵の場合、溶接棒は管に簡単には収まらない。更に、ワイヤーが数フィートより長く移動する場合、ワイヤーの送り込みに問題が生じる。また、ワイヤーが硬い物質を含む場合、ワイヤーは剛くて供給過程で振れたり切れやすい。

【0087】管の内面にスラリーを遠心焼成すると言う前記の実施態様は(又は、ライニング対象のいずれかのその他の構造体の内面にスラリーを付着させること)、本発明の他の実施態様で極めて使用し易いが、溶接作業する場合には、構造体(金属管のような)を水平状態に配

## 22

置しなければならない。遠心焼成法での焼成は、スラリーには僅かしか影響を及ぼさず、清潔な溶接作業が極めて容易になることは注目すべきである。このことは、この焼成によって全ての水がスラリーから追い出されるので溶接作業中に蒸発する水が存在しないと言う事実によって更なる問題が発生する。

【0088】前記の遠心焼成作業によって、ニッケルクロムマトリックスを使用することが更に容易になる。このことは、ニッケルクロムマトリックスの腐食防止性が優れていると言う点で特に有利である。結果として、得られるライナー51(図5)は、可塑化バレルによって一般的に取り扱われる腐食性材料に対して遥かに耐性が大きくなる。更に、レーザー溶接作業でのニッケルクロムマトリックスの使用方法は、腐食性材料に特に敏感なその他のタイプの構造体で使用出来る。

【0089】被ライニング管を水平の位置に置くことのメリットは既に明らかにしてきた。この位置決めは図6に示している配置によって役に立つ。支持体ロッド60は、金属管1の中心を通るように配置されている。この支持体ロッドは、取り付け具としての役割をしていて、溶接作業過程でこれに沿って溶接ヘッド7が動く。金属管は支持体21によって支持されていて、この支持体は、図2(a)及び4(a)に示しているのと同じ支持体である。支持体ロッド60は、供給機構64の近くに配置されている支持体部材62及び支持体63によって支持されている。これらの供給機構は、前述の溶接作業を行なうためにレーザーヘッド7が金属管の中を貫通し易くするように作動する。

【0090】レーザーヘッド7は、固定支持体ロッド60が管1の中を前後に動いている間はこのロッドに沿って動くことも出来、或いはこのロッドに固定されることも出来る。どちらの配置でも本発明の本実施例の基本的着想の範囲内に入る。支持体ロッドの使用方法は、図2(b)の調節可能な円錐ミラー23を使用している実施態様にびたりと当てはまる。前述のようなこの円錐ミラーはドーナツ形のレーザービームパターンを受け容れ、このパターンは支持体ロッド60の周りを照射するがその支持体ロッドとは接触しない。勿論、回転ヘッドを使用する図4(a)の実施態様では、この支持体ロッドは有用ではない。回転ヘッドの操作は、そのヘッドの中を通る支持体ロッド60によって妨げられるだろう。更に、このロッドは、レーザービーム(本実施態様ではドーナツ型ではない)とは一直線に並んでいて、支持体ロッドを省いて支持体22を使用する必要がある。

【0091】本発明の各々の好ましい実施態様は、鋼(又は鋼合金)可塑化バレルのライニングに関係しているものであるけれども、その他の金属管は、前述の発明のいろいろな実施態様又はそれらのあらゆる組み合わせを使ってライニング出来る。また、本明細書に記載されている好ましい実施態様の数多くの変形体の中から、本発

23

明の技術を使ってその他の材料をライニング出来る。例えば、本発明のクラディングプロセスでは、あらゆるタイプの金属管ばかりでなく、プラスチック又は“Kevlar（登録商標）”も使用出来る。更に、ライナー材料は、ニッケルクロムブレンド物である必要はない。むしろ、基材と馴染むその他の材料が使用出来る。

【0092】本発明は、金属管をライニングするための改良された技術には特に有効であるけれども、その他の非円筒形の内面を本発明の技術によってライニング出来る。本発明のライニング作業には多種多様な形状が適用出来る。例えば、双胴バレル構造体は、レーザヘッド7を第1バレルに通し、次いで、第2バレルに通すことによって容易に処理出来る。2個のバレルの曲面と接続する平坦な表面（図示せず）は、2個の各バレルをクラディングする溶接作業のどちらか又は両方でクラディング出来る。溶接作業は、溶接ヘッドの動作、レーザの電力及び溶接ビームの集束を制御する制御装置をプログラミングすることにより調節出来る。このような調節は、当業者の能力の範囲内であり、本発明の作業にも適用出来る。

【0093】例の積りで数多くの実施態様及び変形体を示してきたけれども、本発明はこれらに限定される積り

24

はない。むしろ、本出願書によって、一旦、本発明を教示されて当業者が考えるいずれの及び全ての修正、変更、変形、改作及び実施態様を、本発明は含むと解釈すべきである。従って、本発明は、次の特許請求の範囲にのみ限定されると考えるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1つの実施態様用の、レーザ溶接ヘッド及び補助装置の中の種々の要素を示す略図である。

【図2(a)】本発明の第2の実施態様を示す略図である。

【図2(b)】図2(a)の図面の端面図である。

【図3(a)】図2(a)に示す実施態様の変形体を示す略図である。

【図3(b)】図3(a)の円錐ミラーの動きから得られる溶接範囲を示す側面図である。

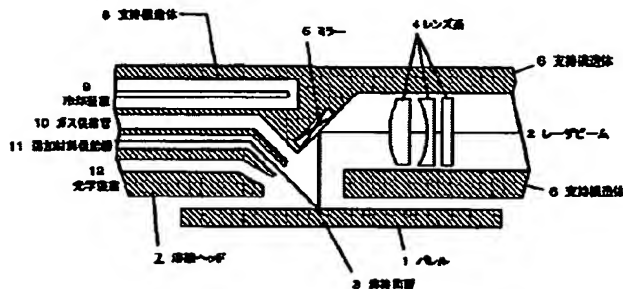
【図4(a)】本発明の略図である。

【図4(b)】図4(a)の実施態様を示す端面図である。

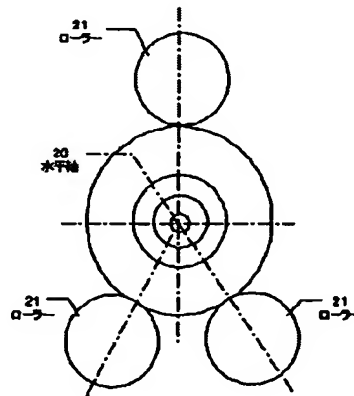
【図5】溶接溶融体、及びその溶接溶融体に供給される材料の相対位置を示す略図である。

【図6】被ライニング管用の支持体装置及び2個の内部をクラディングするのに使用される溶接装置の支持体を示す側面略図である。

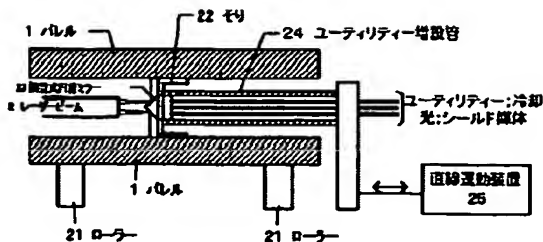
【図1】



【図2 a】



【図2 b】





【図3a-3b】

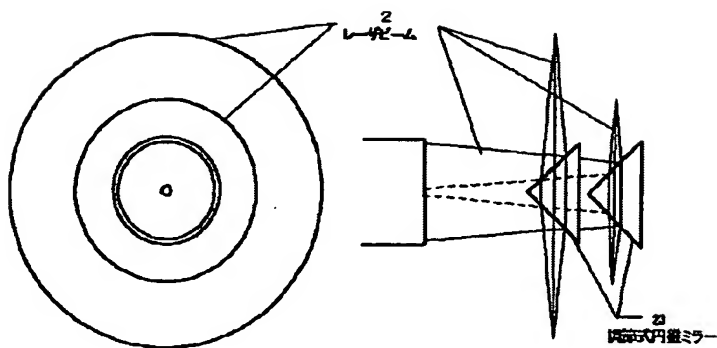
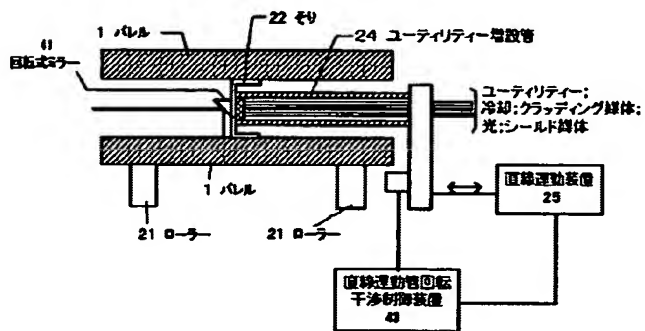


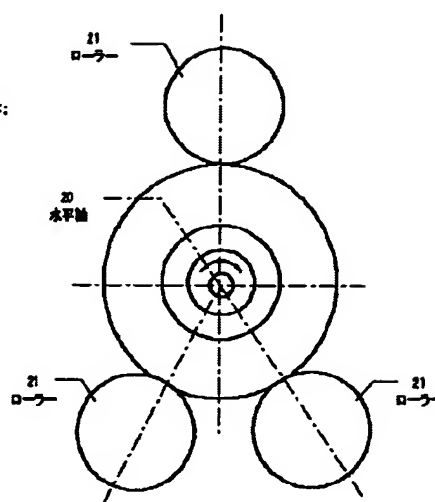
図3(b)

図3(a)

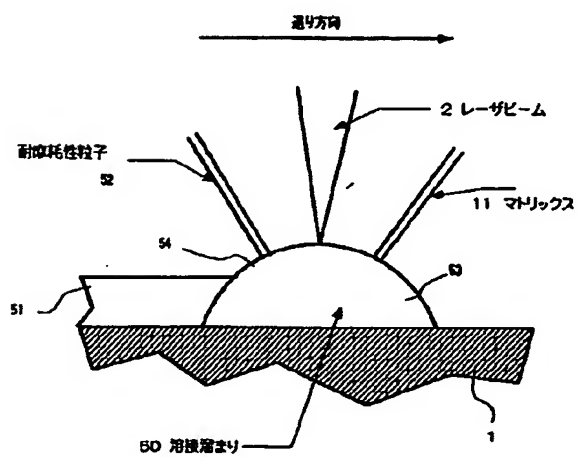
【図4a】



【図4b】

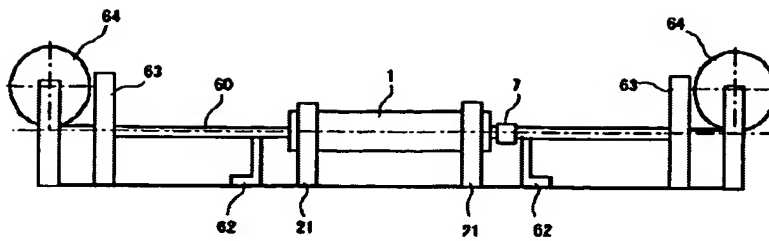


【図5】





【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別番号

F I

テーマコード(参考)

// B 2 3 K 101:06

B 2 3 K 101:06

(71)出願人 500559237

P. O. Box 9130 Youngstown, Ohio 44513, U. S. A.

(72)発明者 シャウン ビー ボドナー

アメリカ合衆国、オハイオ州 44445、ニュー・ウォーターフォード、3309シリマンストリート

(72)発明者 ジョー エム ガッティ

アメリカ合衆国、オハイオ州、ストロングスビル、17176 ミスティーレイクドライブ

(72)発明者 ボール ティー コルビー

アメリカ合衆国、ペンシルバニア州 16105、ニューキャッスル、アール・ディー5 ボックス358

Fターム(参考) 4E068 BB00 BB01 CA17 CD05 CD15

DA15

4F207 AJ02 AJ09 AJ14 KA01 KL32

## 【外国語明細書】

## 1. Title of the Invention

## METHOD FOR LASER CLADDING OF PLASTICATING BARRELS

## 2. Claims

## Claims

## We claim :

1. A plasticating barrel adapted for use in extruding molten plastic, and comprising a substrate composed of a first metallic material and a liner composed of a second composition, said liner comprising :  
a) a laser-welded cladding, substantially uniformly formed on an entire inner-diameter of said substrate, said liner being formed to have an inside diameter of less than substantially fifteen millimeters as finished by laser-welding.
2. The plasticating barrel of claim 1, wherein said liner has a variation in surface smoothness of less than .005 inches as finished by laser welding.
3. The plasticating barrel of claim 2, wherein said first metallic material is constituted by a group of materials consisting of steel, and steel alloys.
4. The plasticating barrel of claim 3, wherein said second composition comprises a nickel-chrome mixture.
5. A plasticating barrel adapted for use in extruding molten plastic, and comprising a substrate of a first metallic material and a liner, said liner comprising :  
a) a laser-welded cladding formed of a second metallic matrix material; and,  
b) an anti-abrasive composition formed of a third material composition and uniformly distributed in unmelted form throughout said metallic

matrix.

6. The plasticating barrel of claim 5, wherein said anti-abrasive layer is constituted by a material selected from a group consisting of metal carbide components, diamonds, ceramics and synthetic diamonds.

7. A system for laser-welding a lining of the interior of a metal tube, said system comprising :

8#9;a) a laser aiming optics head arranged to enter said metal tube from a first end of said metal tube; and,

8#9;b) an auxiliary equipment head arranged to enter said metal tube from a second end of said metal tube.

8. The system of claim 7, further comprising a controller for controlling movement of any component selected from a group consisting of said laser aiming optics head, said auxiliary equipment head and said metal tube.

9. The system of claim 8, wherein said auxiliary equipment head comprises :

8#9;a) means for monitoring progress of laser welding inside said metal tube;

8#9;b) means for providing lining material to be welded to said metal tube;

8#9;c) means for cooling materials and equipment within said metal tube; and,

8#9;d) means for supplying a gas to a weld site.

10. The system of claim 9, further comprising means for adding anti-abrasive material to weld melts created by said welding head.

11. The system of claim 10, wherein said means for adding anti-abrasive material is part of said auxiliary equipment.

12. The system of claim 10, wherein said means for adding anti-abrasive material is placed so that said anti-abrasive material is added to a po

ction of said weld melt that is cooling, whereby said anti-abrasive material is uniformly arranged throughout said weld melt in an undegraded condition.

13. The system of claim 12, further comprising a support rod arranged to extend horizontally through the longitudinal axis of said metal tube, said support rod arranged to movably support said laser aiming optics head and said auxiliary equipment head.

14. The system of claim 13, further comprising means for rotating said metal tube about said support rod.

15. A system for lining a metal tube by laser-weld cladding, said system comprising :

8#9;8#9;a) a laser-aiming optics head;

8#9;8#9;b) means for holding said metal tube in a horizontal position and rotating said tube about a horizontal axis;

8#9;8#9;c) means for positioning said laser aiming optics head wherein laser-welding always takes place in a single direction; and,

8#9;8#9;d) control means for coordinating rotational movement of said metal tube and operation of said laser aiming optics head.

16. The system of claim 15, further comprising an auxiliary equipment head, comprising means for providing lining material, means for cooling said metal tube and materials in said metal tube; means for optical monitoring of welding operations; and, means for providing gas.

17. The system of claim 16, wherein said control means further operate to coordinate movement of said auxiliary equipment head.

18. The system of claim 17, wherein said auxiliary equipment head further comprises means for adding anti-abrasive and corrosion-resistant material to said weld melt, wherein said anti-abrasive material is undegraded and uniformly distributed through said laser-weld melt.

19. A system for lining an interior surface, said system comprising :

- &#9;&#9;a) a laser aiming optics head; and,
- &#9;&#9;b) means for welding on a bottom surface of said interior surface by applying gravity to create a series of smooth, uniform welds constituting a lining of said interior surface.
20. The system of claim 19, wherein said laser-aiming optics head is directed to weld in a single direction, perpendicular to a horizontal plane in which said interior surface is arranged.
21. The system of claim 20, wherein said interior surface is that of a tube.
22. The system of claim 20, wherein said interior surface is irregular in shape.
23. The system of claim 21, wherein said interior surface is made of metal.
24. The system of claim 23, further comprising means for rotating said metal tube.
25. The system of claim 24, further comprising means for moving said laser aiming optics head horizontally through said metal tube.
26. A system for lining a metal tube by laser-welding, said system comprising :
- &#9;&#9;a) a laser source arranged to emit laser light into a first end of said metal tube; and,
- &#9;&#9;b) a laser aiming optics head arranged to deflect light from said laser source and arranged to enter said metal tube at a second end.
- &#9;&#9;
27. The system of claim 26, further comprising a support rod arranged at a center point of said metal tube along a horizontal axis, and supporting said laser aiming optics head.
28. The system of claim 27, further comprising an auxiliary equipment head arranged to enter said metal tube at said second end.

29. The system of claim 27, further comprising means for moving said auxiliary equipment head and said laser aiming optics head horizontally through said metal tube.

30. The system of claim 29, further comprising control means for coordinating movement of said laser aiming optics head; and, said auxiliary equipment head with generation of said laser light.

31. The system of claim 30, wherein said auxiliary equipment head and said laser aiming optics head are connected together and move together along said horizontal axis.

32. The system of claim 31, wherein said laser aiming optics head comprises a shaped mirror.

33. The system of claim 32, wherein said laser light is arranged in a donut-like light shape.

34. The system of claim 33, wherein said conical mirror and said donut-like shaped laser light effect multi-directional welding.

35. The system of claim 34, wherein said shaped mirror comprises an adjustable conical mirror and omnidirectional welding is carried out.

36. A system for lining a metal tube by laser-welding, said system comprising :

849;849;(a) a laser aiming optics head arranged to deflect laser light entering said metal tube at a first end of said metal tube, said laser aiming optics head being rotatably mounted, and arranged to enter said metal tube at a second end of said metal tube.

37. The system of claim 36, further comprising an auxiliary equipment head arranged to enter said metal at said second end of said metal tube.

849;

38. The system of claim 37, wherein said laser aiming optics head and said auxiliary equipment head rotate together.

39. The system of claim 38, further comprising means for coordinating rotation of said laser-aiming optics head with linear movement of said laser aiming optics head and said auxiliary system head through said metal tube.

40. A method of lining a metal tube by laser welding, said process comprising the steps of :

- ##9;##9;a) arranging said metal tube in a horizontal position;
- ##9;##9;b) placing a laser-aiming optics head in said metal tube; and,
- ##9;##9;c) carrying out a plurality of laser-welds in a single direction while rotating said metal tube and moving said laser weld head in a single direction along said metal tube.

41. The process of claim 40, wherein said laser-welding is carried out in a spiral pattern.

42. The process of claim 40, wherein said metal tube is rotated and said laser aiming optics head is moved along the longitudinal axis of said metal tube to a predetermined position to effect spot welding.

43. The process of claim 40, wherein said metal tube comprises steel and said lining comprises an anti-corrosive and anti-abrasive nickel-chrome matrix.

44. The process of claim 43, further comprising the step of adding an anti-abrasive material to each of said plurality of laser-welds.

45. The method of claim 44, wherein said anti-abrasive material consists of titanium diboride (TiB<sub>2</sub>).

46. The method of claim 44 wherein said metal tube is steel.

47. A method of lining a metal tube by laser-welding, said method comprising the steps :

- ##9;##9;a) placing a laser aiming optics head in said metal tube at a f



first end of said metal tube; and,

8#9;8#9;b) transmitting laser light from a second end of said metal tube to be deflected by said laser aiming optics head to effect laser-welding in said metal tube.

48. The method of claim 47, wherein said laser welding is multi-directional.

49. The method of claim 48, further comprising:

8#9;8#9;c) moving said laser-aiming-optics-head along an axis of said metal tube while repeating the step of laser-welding.

50. The method of claim 49, wherein said metal tube is rotated while moving said laser aiming optics head along the longitudinal axis of said metal tube to effect laser-welding over an entire interior of said metal tube.

51. The method of claim 50, wherein said laser-weld head is rotated and moved along the longitudinal axis of said metal tube to effect laser-welding of an entire inside diameter of said metal tube.

52. A method of cladding an interior surface by laser-welding, said method comprising the steps of:

8#9;8#9;a) arranging a laser aiming optics head to operate in a predetermined pattern along said interior surface to create a series of weld melts, each said weld melt having a warmer leading portion and a cooler trailing portion; and,

8#9;8#9;b) adding an anti-abrasive material to said trailing portion of each said weld melt whereby said anti-abrasive material is undegraded and uniformly distributed throughout each said weld melt.

53. The method of claim 52, wherein said interior surface is within a metal tube.

54. The method of claim 53, wherein each said weld melt is formed of a nickel-chrome mixture.

55. The method of claim 54, wherein said anti-abrasive material titanium diboride ( $TiB_2$ ).

56. The method of claim 55, wherein said metal tube is rotated.

57. The method of claim 55, wherein said laser aiming optics head is rotated.

58. A plasticating barrel adapted for use in extruding molten plastic comprising :

##(a) a substrate of a first metallic material; and,

##(b) a laser-clad lining of an anti-corrosive nickel chrome matrix.

59. A plasticating barrel of claim 58 further comprising an anti-abrasive material of titanium diboride.

60. The plasticating barrel of claim 59 further comprising a binding material of

$Na_2Si_3H_{20}$ .

61. The method of lining a tube comprising the steps of :

##(a) inserting a slurry into said metal tube, said slurry including liner material;

##(b) centrifugally casting said slurry within said metal tube to form a uniform hard coating over an inside diameter of said metal tube; and,

##(c) laser-welding said hard coating to form said liner.

62. The method of claim 61, wherein said tube is made of metal.

63. The method of claim 62, wherein said slurry consists of :

##(a) a nickel-chromium mixture;

##(b) a  $Na_2Si_3H_{20}$  binder, mixed with water; and,

##(c) a  $TiB_2$  anti-abrasive material.

64. The method of claim 63, wherein said step of centrifugal baking is carried out at a temperature between 200° and 600° F.

65. The method of claim 64, wherein said coating is formed to a thickness of substantially .040 inches by said centrifugal baking process.

### 3. Detailed Description of Invention

#### Technical Field

The present invention relates generally to the field of plasticating components, such as screws and barrels, used for extruding plastic. In particular, the present invention is directed to a structure for a more abrasion-resistant and corrosion-resistant plasticating barrel, and a technique for manufacturing the lining of the improved barrel.

#### Background Art

Extruders and tubers (rubber extruders) have been in use at least since the beginning of the twentieth century. With the advent of plastics, the demand for such extruders has become greater and the processing conditions have become more severe. Originally such devices were essentially a simple screw rotating inside a single-material barrel without a lining. This is no longer the case due to the newer and more difficult to process materials.

Both of these components are subject to wear from metal-to-metal contact, and from abrasive and corrosive fillers in the plastic or rubber compounds. The original barrels had an internal surface that was nitrided to give improved abrasive wear resistance. In the later 1950's bimetallic barrels were developed using a centrifugal casting process, as briefly described in the Spirex publication, entitled Plasticating Components Technology, 1997, incorporated herein by reference. Also, such improved barrels were adapted for use with injection molding machines, in addition to conventional extruders.

Centrifugal casting of plasticating barrels is a process used to line the internal surface of a barrel with an abrasion and/or corrosion re-

sistant liner that is different from the barrel backing material or substrate. The process involves installing a lining material, such as a powder, inside the heavy-walled barrel cylinder at room temperature. The ends of the barrel are capped (usually welded) and the barrel and unmelted powder are placed in a casting oven. The barrel is then rotated and heated until the liner material melts and is uniformly distributed on the internal surface of the barrel. Early liner materials were iron/boron materials that created some metal carbides and were very much more wear resistant than the nitrided barrels. In 1968 improved liners became more abrasion resistant by the addition of very small, discrete metal carbides particles like tungsten carbide and equivalent materials.

Most rotational casting ovens are gas heated but some are induction heated. In either case, the inside of the barrel must be heated to a point where the liner powder melts, but the thick-walled barrel material or substrate does not melt. After melting is accomplished the barrel is slowly cooled so that stresses are not induced, and so that the liner material does not crack. After cooling, the barrel is bowed, straightened and machined to its final dimensions. Often this requires installation of a high-pressure sleeve at the discharge end of the barrel.

There are a number of disadvantages to this technique. The gas fired or induction furnaces with rotating equipment are very expensive, and require extensive maintenance. This includes periodic and prolonged shutdowns to reline the refractory surfaces of the oven. Further, even when the furnaces are functioning properly, set up for the coating of each barrel is an awkward and time-consuming process.

Also, the process of centrifugal coating requires that the liner material or material matrix melt at a lower temperature than the backing or substrate material. This creates severe limitations on the liner materials that can be used. As a result, abrasion-resistant and corrosion-

resistant materials are limited to formulas that melt at a lower temperature than the barrel substrate. In many cases the optimum barrel substrate and under materials cannot be used for the materials to be handled.

There is also the requirement of raising the backing or substrate material to a temperature close to the melting point of the substrate material followed by a slow cooling to anneal the backing material. This lowers the strength of the annealed backing material. Unfortunately, very high strengths are now required because such barrels can be subject to internal pressures of 40,000 psi or higher, and temperatures up to 700 deg.F. These conditions require the installation of a high pressure sleeve at considerable expense. Some newer, higher priced alloys can reduce this effect somewhat by reducing the loss of strength. However, greater expense is incurred.

During the rotational casting process the heavier metal carbide particles tend to be thrown outward by centrifugal force. This moves these particles away from the inside surface where they are needed for abrasion resistance. As a result, the resulting lining is far more susceptible to wear caused by abrasion than if the metal carbide particles are properly located on the inner surface of the lining or evenly distributed throughout the lining or cladding.

The high barrel temperatures that are reached during casting make it difficult to maintain the straightness which is critical to the plastic processing operation. Straightening of the barrel cannot be done by conventional straightening presses because reverse bending cracks the relatively brittle liner. The rotational casting process requires a long time to heat up the liner and barrel substrate. Additional time is required for slow cooling after the lining operation. This causes added expense in labor and electrical costs.

Because the lining process can only be successful in a very narrow

range of time and temperatures, often the results are not satisfactory.

High temperatures and long time periods spent at these temperatures can cause dilution by migration of the substrate material into the barrel lining material. This causes poor hardness and poor abrasion resistance. Also substrate migration of the base iron material can cause poor corrosion resistance in certain applications. Extended periods at high temperatures also cause the metal carbide particles coating the liner inner surface to melt into solution in the matrix matter (constituting the liner) rendering them useless.

When temperatures are too low and the time periods at properly elevated temperatures are too short, an inadequate metallic bond can result.

Such an inadequate metallic bond means that the liner may become separated from the barrel substrate or backing material. This condition could render the entire barrel useless. Further, in some cases portions of the liner may come dislodged, corrupting the molten plastic and/or fouling the screw pushing the molten plastic through the barrel. In either case, the barrel is subject to catastrophic failure, and the plastic processed therein ruined.

A totally different method to produce barrel liners is constituted by laser welding or cladding. Laser cladding is laser welding of a different surface onto a base or substrate metal. This new process diminishes or eliminates all of the disadvantages listed above.

The more conventional MIG or TIG welding of the inside diameter (ID) of barrels can be done, but it is more difficult to get into smaller diameter barrels. The zone affected by heat is much greater, and the welded surface is poorer, causing much greater expense in finishing compared to the "near-net shape" of laser-welding.

Laser welding of the ID of barrels involves the depositing of the liner material prior to welding in the form of paste or a separate liner

tube, or during welding with a powder or continuous wire. The laser welder usually includes a laser beam delivered from a remote source via fiber optics and optical systems, or by direct laser beams.

This technique has a number of advantages. For example, devices have been made that will allow laser welding into diameters as small as 3/4 inch. Laser cladding also has a very shallow heat-affected depth which gives much less dilution of the liner material into the barrel substrate. This technique also creates much less stress in the substrate, reducing the tendency to bend or warp.

Laser cladding is a relatively robust process that allows a wide latitude of materials to be used, including materials that melt at higher temperatures than the barrel substrate. This can lead to improved matrix materials and improved ceramic or carbide materials as anti-abrasive coatings on the liner. Discrete abrasion resistant carbide or ceramic particles do not migrate toward the substrate as in rotational casting. This leaves them evenly distributed where they are needed.

The substrate does not necessarily need to be preheated prior to welding, thus reducing production time and expense. Heat imparted by the laser welding process is much reduced and can be removed during welding by internal and external methods. This means that a long cooling down time can be eliminated. As a result, the process is less time-consuming than centrifugal casting.

Laser welding is an actual welding process with a metallurgical bond rather than a brazing process where the liner melts at a lower temperature than the substrate as in rotational casting. The laser cladding equipment is generally lower cost than gas-fired or induction furnaces.

Several devices to laser clad the inside of pipes have been invented and commercialized. These include EPRI Patent Nos. 5,653,897 and 5,656,185 and IBI Patent No. 5,426,278. Also included are U.S. Patent Nos.



5,496,422; 5,196,272; and, 5,387,292. All of the aforementioned patents are incorporated herein by reference to facilitate a better understanding of the present invention. These devices are designed to repair damaged or corroded heat exchanger tubes in power generation plants. These systems are designed to make short, localized repairs in relatively long, fixed pipes that cannot rotate. Consequently, each of these systems uses a rotating laser head for welding. ¶9; The systems described in the aforementioned patents include the insertion of a cladding or inlay material by wire, powder, paste, and thin wall tube. The paste and the tubes are already in place before laser cladding. In the case of the EPRI patent, a coiled wire is placed inside the pipe directly above the repair area in order to have it easily accessible and easy to feed as the cladding proceeds. This method is limited to short longitudinal lengths of welds as is generally required in boiler repair. Powder is difficult to introduce in the horizontal position because, without gravity assist, it tends to clog and interrupts cladding. Drawings of these various welding devices are shown in the patents.

For prolonged or full length cladding of 20:1 L/D or longer pipes, the head and especially the reflecting mirrors must be cooled. This can be done by a cooling fluid such as air or water. The EPRI patent does not have such cooling except for the bearings that are required to rotate the head inside the pipe. The JHI device allows cooling (by air) coming from the direction of the laser source.

All of these devices must have all auxiliary services introduced from the laser head end of the tube because access from the opposite end is not available, and cannot be coordinated with the activity provided from the laser end. These auxiliary services can include fiber optical viewer, wire/powder feeds, cooling media, optics (lenses) and focusing devices.

The devices disclosed in the subject patents weld on constantly changing surfaces. This tends to give a non-uniform and less smooth surface due to the influence of gravity. If the cladding is done with the pipe vertical, the melt pool tends to not be flattened and can have exaggerated rings or other distortions in the surface. In any case, there is a natural tendency to flatten and smooth the surface in a uniform manner.

Also materials currently used in conventional laser welding processes are used primarily for corrosion resistance. This limited application of the conventional technology is adequate since the boiler tubes (in which conventional laser welding occurs) are not exposed to the abrasion of the types of materials handled by plasticating barrels.

There is also a need to make such devices smaller than the standard commercial sizes now available. In particular, barrel I.D.'s as small as 14 mm (0.551 inch) are used for plasticating barrels. Thus, appropriate welding devices are necessary to clad or line the interior of the plasticating barrels. Conventional rotating welding devices operate entirely from one end of the tube being lined or welded. Consequently, size reduction for such welding devices is severely limited. This is particularly true since the welding head must include all auxiliary services, as well as the bearings. This entire structure is fed into the tube to be welded from only one side of the tube. As a result, size reduction of the overall welding apparatus is very problematical, and cannot accommodate some smaller sizes used for plasticating barrels.

Accordingly, there is a need for a system capable of addressing the smaller sizes of plasticating barrels, and to provide smooth, uniform inner linings to such plasticating barrels. Of necessity, such a system will have to be flexible, and capable of using a number of different techniques to produce an optimum product at reasonable costs.

Summary of the Invention

It is one object of the present invention to provide a system for lining tubes or any interior surface that overcomes the drawbacks of the conventional art.

It is another object of the present invention to provide a system for lining inside diameters (I.D.) that is sufficiently flexible so that a wide variety of tube sizes and cladding materials can be accommodated.

It is a further object of the present invention to provide a system for lining inside diameters of tubes capable of accommodating smaller I.D. sizes than is currently possible with conventional techniques and systems.

It is an additional object of the present invention to provide a system for lining inside diameters of tubes in which a more uniform lining can be achieved than is possible with existing welding techniques.

It is again a further object of the present invention to provide a system for lining of I.D.'s in which a smoothing agent operates in a uniform manner on each of the welds constituting the cladding of the plasticating barrel.

It is still another object of the present invention to provide a system for laser-cladding the interior of a metal tube wherein the system is relatively simple to set up compared to conventional systems.

It is again a further object of the present invention to provide a process for laser-cladding the interior of a metal tube, requiring reduced operating time.

It is still another object of the present invention to provide a system for quickly and easily repairing the lining of metal tubes at lower expenditures than those incurred with conventional systems.

It is again a further object of the present invention to provide a system for lining the interior of the metal tube by laser-welding wherein

o the conventional necessity of a rotating laser head is avoided.

It is yet another object of the present invention to provide a system for lining a metal tube using laser welding in which movement of the welding head is required only along the axis of the tube being welded.

It is again a further object of the present invention to line a metal tube using laser welding to which an anti-abrasive material is added so that the anti-abrasive material remains uniformly distributed in the laser-welded cladding.

It is yet another object of the present invention to provide a smoother, pre-machined weld that is obtainable from conventional welding techniques, in particular, MIG and TIG methods.

It is yet another object of the present invention to provide a method of uniformly precoating an accurate amount of material on an interior surface to facilitate welding operations thereon.

It is still a further object of the present invention to provide a system of precisely placing a uniform pattern of anti-abrasive material in a weld melt without melting or otherwise degrading the anti-abrasive material.

It is yet another object of the present invention to facilitate faster, pre-weld set up of plasticating barrels.

These and other goals and objects of the present invention are achieved by a plasticating barrel adapted for use with extruded molten plastic. The barrel includes a substrate composed of a first metallic material and a liner composed of a second metallic material. The liner is fabricated by laser welding to achieve a substantially uniform cladding over the entire diameter of the barrel. The liner is formed to have an inside diameter of less than 15 mm as finished by laser welding.

In another embodiment of the present invention, a plasticating barrel is adapted for use in extruding molten plastic, and includes a substrate

ate of a first metallic material and a liner of a second metallic material. The liner is formed by laser welding of the second metallic matrix material to clad the interior of the barrel. An anti-abrasive layer is formed of a third material composition and is uniformly arranged in some form throughout the metallic matrix.

Another embodiment is constituted by a system for laser-welding a liner going to the interior of a metal tube. The system includes a laser welding head arranged to enter the metal tube from a first end of the metal tube. The system also includes auxiliary equipment arranged to enter the metal tube from the second end of that metal tube.

In yet an additional embodiment of the present invention, a system for lining a metal tube by laser-weld cladding is provided to include a laser aiming optic head. Also included is a device for holding the metal tube in a horizontal position and rotating the tube about a horizontal axis. Another device is used to position the laser aiming optic head so that welding always takes place in a single direction. A controller coordinates the rotational movement of the metal tube and the operation of the laser aiming optic head.

It is still a further embodiment of the present invention a system is provided for lining an interior surface. The system includes a laser aiming optics head and a mechanism for welding/cladding on the bottom surfaces thereby applying gravity to create a series of smooth uniform welds that constitute the lining of the metal tube.

Yet another embodiment of the present invention includes a system for lining a metal tube by laser-welding. The system includes a laser source arranged to emit laser light into a first end of the metal tube. The system also includes a laser aiming optics head arranged to deflect light from the laser source, and arranged to enter the metal tube at a second end.

Yet an additional aspect of the present invention includes a system for lining a metal tube by laser welding. The system includes a laser aiming optics head arranged to deflect laser light entering the metal tube at the first end of the metal tube. The laser aiming optics head is rotatably mounted and arranged to enter the metal tube at a second end of the metal tube.

Another aspect of the present invention is manifested by a method of lining a metal tube by laser welding. The process includes the step of arranging the metal tube in a horizontal position. Next a laser aiming optics head is placed in the metal tube. Then a series of laser welds are carried out in a single direction while rotating the metal tube and moving the laser aiming optics head in a single direction along the metal tube.

Again another aspect of the present invention is a method of lining a metal tube by laser-welding, where the method includes the steps of placing a laser aiming optics head in the metal tube at a first end of the metal tube. Then, laser light is transmitted from a second end of the metal tube to be deflected by the laser aiming optics head to effect laser welding in the metal tube.

Yet an additional aspect of the present invention is a method of cladding an interior surface by laser welding. The method includes the first step of arranging a laser aiming optics head to operate in a predetermined pattern along the interior surface to create a series of weld melts. Each of the weld melts has a warmer heating portion and a cooler trailing portion. Then, an anti-abrasive material is added to the trailing portion of each of the weld melts. As a result the anti-abrasive material is degraded and uniformly distributed through each of the weld melts.

An additional aspect of the present invention is manifested by a p

lasticating barrel adapted for use of extruding molten plastic. The barrel is of a first metallic material, and is provided with a laser clad lining of a second metallic material. The second material is a mixture of nickel and chromium.

Still an additional aspect of the present invention is a method of lining a tube including a first step of inserting a slurry into the tube. A slurry includes liner material. Then the tube is centrifugally cast to form a uniform hard coating of the slurry to adhere to the inside diameter of the tube. Then laser welding is carried out on the coating to form the finished metallic lining.

### 3. Detailed Description of the Preferred Embodiments

The first embodiment of the present invention is depicted in Figure 1. Welding head 7 includes two major components as depicted in this figure, laser aiming optics 4 welding head, and an auxiliary system. These are mounted in housings 6 and 7, respectively. Both housings are placed within a metal tube or barrel 1, in which a lining is to be fabricated by laser-welded cladding. For the sake of simplicity, the other wall of tube 1 is not shown in Figure 1.

The laser aiming optics 4 of the laser welding head 7 are used to direct laser beam 2 to a point 3 at which a weld is to be placed to form the lining in tube 1. The aiming optics 4 includes a lens system and a reflecting mirror 5. The aiming optics are contained within a support structure 6, and can either be attached to the auxiliary system or separated therefrom. For example, the auxiliary system can be separated from the laser aiming optics housing 6 and placed in a separate housing 8. Different configurations for separating the two housings and their components can be used within the scope of the present invention.

The auxiliary system is mounted in its own housing or support structure 8, and includes a variety of different elements. Examples of such el



ements are cooling device 9, a gas supply conduit 10; and, a feeding mechanism 11, which serves to provide cladding material to the weld point 3. An optical system 12 can be added so that the characteristics of the welds and the progress of the welding process can be properly monitored.

Both the auxiliary system housing 8 and the laser aiming optics housing 6 can be supported by bearings (not shown) that serve as an interface between the housings 6,8 and the metal tube 1. A variety of different support mechanisms are available and are generally well known in the conventional art.

¶9;One advantage of separating the housing 8 for the auxiliary system from the housing 6 for the laser aiming optics is that these two components can be inserted into metal tube 1 from opposite ends of the tube. The advantage of this is that the two components and three housings can be made much smaller than conventional systems, accommodating much smaller inner diameters for the metal tubes, such as plasticating barrels. In particular, the smallest tube sizes that can be accommodated by existing conventional systems is approximately 19 mm for the inner diameter of the tube, after it has been lined. The present invention can accommodate inner diameter as small as, or even less than 14 mm.

The use of two separate structures for the auxiliary system and the laser aiming optics also produces a much higher level of flexibility than is found with conventional systems. As a result, a wide variety of configurations, as depicted in Figures 2(a) and 4(a) are possible. However, the present invention is not limited to the embodiments depicted in these two Figures but admits to many other variations and equivalents that would occur to one skilled in this technology, once having been taught the present invention.

An additional advantage with the separate reduced size structures containing the auxiliary system and the laser aiming optics 4,8, is that ad

ditional auxiliary devices can be added to either the auxiliary system housing 8 or the laser aiming optics housing 6. One example is an additional material feed (not shown) that can be used to add anti-abrasive materials, such as metal carbides, to the molten weld material or matrix. Such materials can sink deep into the molten weld matrix lessening the value of the anti-abrasive particles. However, with the flexibility provided by the present invention, anti-abrasive material can be fed to the weld melt so that the anti-abrasive material is added to a particular part of the molten weld matrix. As a result the anti-abrasive particles will maintain their integrity, and operate efficiently.

As defined in Figure 5, the laser weld melt 50 will have a forward melting portion 53 which is at a higher temperature than a trailing portion 54. The anti-abrasive material 52 is added to the cooler trailing portion 54 of the molten weld material 50 so that the anti-abrasive material tends not to go into solution with the matrix material 11. Since the anti-abrasive materials 52 are added on the trailing side 54 of the weld melt 50, these materials are not degraded by the laser beam 2. Consequently, there is no tendency for them to melt into the solution with the weld puddle. Rather, the anti-abrasive particles 52 maintain their original integrity so that they can be distributed even throughout the weld puddle 50. As such, the anti-abrasive material functions far more efficiently than with conventional systems.

Because the two housings, 6 and 8, respectively, are being fed from different ends of tube 1, additional devices (such as the feeder for anti-abrasion materials) are easily within the capability of the present invention while still maintaining the capability of lining tubes or even irregular surfaces less than 15 mm of inner diameter.

Figure 1 depicts the preferred positioning of the laser aiming optics 4,5 for welding in another preferred embodiment of the present invention.

n. The weld point 3 is always at the same position with respect to horizontal and vertical orientation of tube 1. For this to occur, the laser 2 is always aimed at the same position, and the tube 1 is rotated. Tube 1 can be rotated about a horizontal axis 20 by rollers 21, as depicted in Figures 2(b) and 4(b). However, other handling mechanisms can be used to rotate tube 1. A controller (not shown) is used to coordinate the rotational movement of tube 1 and the operation of laser beam 2 to effect the laser-weld cladding that will constitute the liner of tube 1. Such controllers are already well-known in the conventional technology and need no further elaboration for purposes of explaining the present invention.

The laser-weld cladding generated at point 3 and constituting the finished liner (shown as 51 in Figure 5) of tube 1 is especially smooth due to another characteristic of the present invention. Since weld 3 always occurs at the lowest point of a horizontally level tube 1, gravity serves to smooth each weld, making each weld, and the resulting liner 51, far smoother than is found with conventional techniques. In particular, the finishes achieved with the present invention before machining the final product, has smoothness variations of between .010 and .005 inches. Further, the present invention is capable of achieving even smaller smoothness variations.

The normal operation of the present invention is the creation of the welded cladding (51 in Figure 5) in a spiral or helical configuration. This spiral configuration is created by the rotation of tube 1 and the movement of the tube along a horizontal axis by the laser aiming optics 4. The coordination of these two movements is also coordinated by the controller (not shown). The programming of the controller to effect the spiral shaped weld patterns that ultimately constitutes the liner of tube 1 can be provided by standard programming techniques, and needs no further

er elaboration for purposes of understanding the present invention.

In the alternative, the laser aiming optics housing 6 and the auxiliary equipment housing 8 can be mounted on sled 22 and moved through the tube 1 using linear motion system 25 as depicted in Figures 2(a) and 4(a). The operation of the linear motion system 25 to coordinate with the welding operation requires no special expertise beyond skill already available in this technology. If the laser aiming optics housing 6 is not connected to auxiliary system housing 8, an additional linear motion system will be necessary to move the auxiliary system housing 8 in coordination with the movement of the laser aiming optics housing 6. This would incur additional complexity and expense.

This drawback can be remedied by the arrangement of Figure 4(a), in which the auxiliary system is contained within utility extension tube 24, and is connected to the lens system and constituted by rotating mirror 41. The laser beam 2 is fed from the opposite end of tube 1 from laser aiming optics 41 and the auxiliary system. In the embodiment of Figure 4(a) the rotating mirror 41 and the auxiliary systems are supported within tube 1 by sled 22. In this embodiment, the advantages of the present invention are retained since the laser beam 2 is entering tube 1 at the opposite end from the rotating mirror 41 and auxiliary systems in the tube. A rotation system for the tube 24 is necessary, adding additional complexity and expense not found in other embodiments of the present invention. Further, coordination between the linear motion of the system (as controlled by controller 25) and the rotation of the tube 24 (as controlled by controller 43) adds still an additional level of complexity to the present invention.

This is justified by the preferred use of this particular embodiment, spot welding of the tube 1 interior for repair purposes. By carrying out such a process, it will not be necessary to go through the expense of

relining an old or worn tube 1. Rather, the worn areas could be filled with cladding and smoothed to the existing lining. Thereby, the expense of the additional controllers, such as linear motion/tube rotation interface 43, would be justified. Accordingly, the expense of creating an entirely new lining and/or re-machining an entire lining would be avoided for the laser-clad and conventional liners by the Figure 4(a) embodiment of the present invention.

Figure 2(a) depicts another embodiment of the present invention. As with the embodiment of Figure 4(a), the present embodiment uses both ends of tube 1 to deploy the laser welding system. However, a greater degree of simplicity is achieved through the use of conical mirror 23 which deflects laser beam 2 into multiple directions. With this embodiment, rotation of either tube 1 or utility extension tube 20 (attached to the conical mirror 23) may still be necessary to carry out the welding on the entire interior of tube 1.

Greater coverage of the weld area, and thus, a faster welding process can be obtained by the Figure 2(a) embodiment. This embodiment uses a conical mirror 23 as depicted in Figure 3(a). The conical mirror is arranged to direct laser light uniformly to a predetermined area of the interior of tube (1). The conical mirror is adjustable so that the shape and location of weld site 3 can be easily varied by moving the mirror or adjusting the size and shape of the mirror. This variation in the weld area is depicted in Figure 3(b). However, the size and shape of the weld area are not limited to that depicted in Figure 3(b).

Rather, any number or variety of mirror sizes and shapes can be used to direct the laser beam 2 to a specific point on the interior of tube 1 (or any other shape of interior surface), and the adjustability of both mirror size and shape easily facilitates converting the welding system from one tube size to another. Further, while the laser beam 2 is directed

-shaped in the example of Figure 3(a), the laser beam can be configured in any manner deemed appropriate for the desired weld configuration. Accordingly, any size or shape of the mirror can also be used to facilitate a desired weld pattern, or other laser-weld characteristics.

Of particular interest is a mirror configuration (not shown) that directs the weld site 3 to be either well-forward of the mirror, or well-behind the mirror. Such an arrangement is effective to keep the weld site 3 away from the mirror, thereby avoiding damage to the mirror from the heat of the welding or any byproducts of the welding.

The use of the adjustable conical mirror is depicted in the example of Figure 3(a) facilitates multi-directional welding of the inner diameter of tube 1. This arrangement can also facilitate omnidirectional welding as well. This permits a much faster laser-welding operation. This embodiment, like the other embodiments of the present invention, also provides a smoother, more uniform, "near net shape" surface resulting from the welding process. As a result, after-welding machining operations are much reduced, thereby reducing the costs and the time expenditure of the overall lining operation.

Any shaped mirror arrangement is easily mounted on the auxiliary tube 23 depicted in Figure 2(a). The relationship between the mirror (conical mirror 23, as depicted in Figure 2(a) and the auxiliary tube 23, which contains all of the auxiliary equipment previously discussed, can be arranged to facilitate a particular weld site (or series of weld sites) with respect to the position of the mirror. Accordingly, an additional aspect of the present invention, increased flexibility over that of conventional systems, is achieved.

While there are many advantages provided by the foregoing embodiments of the present invention, there are still other improvements that can be made. For example, delivering a wire to the weld site is often proble

matic, especially when the wire travels more than a few feet. When the wire contains hard materials, the wire is stiff and prone to kink or break during feeding. One method of addressing this problem is to use special liners to reduce the friction of the wire along the feed path. However, when the wire breaks, hard materials of the wire contaminate the liner, causing additional problems. Another solution is to use two separate wire feeders, one at the wire roll and the other near the welding head, or auxiliary head. Unfortunately, it is often very difficult to fit a wire feed into a small plasticating barrel. As a result, the use of wire feeds (both for the matrix material and the anti-abrasive material) may limit the advantages of the present invention with regard to the tube sizes that can be lined.

One solution is to deliver the powder at an angle such that gravity may assist the delivery of the powder over long distances. The metal tube can be placed on an incline for welding so that the powder will feed reliably. However, there are certain problems inherent to this approach.

Often, the manufacturing facility must be modified with greater ceiling height to accommodate the added height of the inclined welding machine. This arrangement also increases the cost of the welding machine. Further, the operator would have greater difficulty observing and manipulating the weld piece to be welded. Also, by inclining the tube to be realigned, some of the advantages of the previously-described embodiments of the present invention are lost.

The instant embodiment of the present invention overcomes these difficulties through the provision of a thick, even coating of material to the interior of the metal tube or other interior surface to be lined. The coating can be applied to many different shapes and sizes, and includes everything needed for the laser-welding process described with respect to the present invention. Accordingly, the coating contains both matrix

x material and the hard, anti-abrasive material required for the finish lining of a plasticating barrel.

The coating of the present invention includes a matrix material, such as a nickel-chrome alloy which serves as a metallic binder for the overall weld. The hard anti-abrasive material is also part of the coating, and is mixed as a powder with the matrix material to form a paste which is used to coat the interior of the metal tube. A key aspect of the instant embodiment of the present invention is the use of titanium diboride ( $TiB_2$ ). It has been discovered that this material is more wear-resistant as a facing material than carbides mixed in the same nickel-chrome alloy metallic binder.

However, other materials will work equally well within the context of the present invention. Examples of such materials are a family of ceramics known as "titanium ceramics". These include: titanium diboride (as is used in one preferred embodiment); titanium dioxide; and, titanium carbide. Partially stabilized zirconia is also used, and can include: zirconium carbide; and, zirconium diboride. Any equivalent materials can be used as well, including diamonds, synthetic diamonds or any equivalent thereof. Any of these anti-abrasive materials may or may not be metal coated for use with the present invention. The use of a metal coating, in a welding process is used to reduce the possibility of melting the core anti-abrasive material.

Both the nickel-chrome alloy matrix material and the titanium diboride anti-abrasive material are mixed together in powder form for the welding process that will line the metal tube. Under these conditions, the melting point of the nickel-chrome alloy is 1,950°F. On the other hand, the melting point of titanium diboride is 3,000°F. The welding process can be controlled in such a way as to melt the nickel-chrome alloy, forming a bond with the substrate material, while not melting the titanium



m diboride material). As a result, the titanium diboride material remains undissolved and evenly distributed throughout the weld melt where they would be most effective. Because the two materials are combined as a powder, it is possible to even distribute the titanium diboride throughout the nickel-chrome alloy matrix material.

The fine powder mixture of the present invention includes a second binder material that is used to adhere the powders in position on the interior of the metallic tube to be clad. The second binder is composed of two materials. The first is one of many materials commonly used to glue flux to welding stick rods. The optimum material used with the present invention is sodium silicate crystal, pentahydrate ( $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). However, other materials used to glue flux to welding stick rods can also be used but are expected to be efficacious than the sodium silicate crystal, pentahydrate. The second part of the second binder is a wetting agent that is used to convert the powder mixture into a solution with a metallic matrix and titanium diboride powders in suspension. Water has been found to be adequate for purposes of the present invention. However, other wetting agents can be used.

The elements making up the coating are originally mixed as powders, and a varying percentage of each component can be used. It is noted that the greater the percentage of hard, anti-abrasive material (such as  $\text{TiB}_2$ ), the more wear-resistant will be the final liner. However, welding of the coating material is more difficult when there is more of the hard, anti-abrasive material. In contrast, with a smaller percentage of the hard, anti-abrasive material, the welding operation is much easier but the final lining is less wear-resistant. A typical composition by percentage of weight is as follows: nickel-chromium matrix powder 40,45%; titanium diboride anti-abrasive powder, 45%; and, a water solution of sodium silicate, 10%. However, other percentages can be used successfully with

thin the concept of the present invention.

When the water solution of sodium silicate pentahydrate ( $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) is mixed with the powders of the nickel-chromium matrix and the titanium diboride, a slurry is formed. Usually the mixture of sodium silicate crystal pentahydrate ( $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) is mixed with the water in a ratio to one to twenty by weight. The amount of liquid binder (the sodium silicate crystal, pentahydrate and water) added to the mixture of matrix and anti-abrasive material powders determines how wet the coating is during the application to the substrate 1. In some arrangements, one part liquid binder to four parts of the matrix and anti-abrasion powders as provided the desired results. However, other mixture percentages can be used to carry out the goals and objects of the present invention.

In the simplest embodiment, the aforementioned slurry is pumped, poured (or added in any appropriate manner) into barrel 1 and manipulated (in any manner that can successfully move the slurry within tube 1) preferably to a thickness of approximately 0.040 inches in thickness. This thickness of slurry in the previously described percentage of the component materials will remain in position on the interior of the tube without running down vertical surfaces of the tube. It should be understood that different percentages of the slurry components can be used to obtain different coating thicknesses as is appropriate for different sizes and shapes of interior surfaces to be coated. For example, large flat surfaces may require different percentages of the components constituting the slurry and different thicknesses. Other interior surface shapes may require different thicknesses and slurry compositions. While the aforementioned components have been mentioned as optimum for slurry used on steel plasticating barrels, equivalent materials can also be used, and may prove to be more effective with other interior shapes constituted by other types of materials. A key factor in achieving a smooth coating of the a

forementioned slurry on the interior of a metal barrel is constituted by the process of spinning the barrel and baking the slurry onto the interior surface of the barrel in a manner similar to conventional centrifugal baking processes. The difference in the present invention is that the paste or slurry is being baked onto the interior of the steel tube in order to adhere firmly and evenly to the interior of the tube. In this manner subsequent welding operation can be carried out much more efficiently, and with better results than can be obtained by feeding materials to the weld site using either the housing containing auxiliary systems, or the housing containing the laser aiming optics 4 (in Figure 1).

The centrifugal baking process used in the present invention requires that the air, the barrel 1 and the coating be heated to a temperature of approximately 600° F. The waters evaporate from the coating, leaving the remaining mixture hard and firmly attached to the barrel substrate 1. While a temperature of 600° F. has proven effective for steel plasticating barrels, other coating materials will bond better at other temperatures. The baking temperature can be between 200° and 400° F. This temperature will not degrade the metal of plasticating barrel 1, but merely bakes the slurry onto the interior of the tube. As previously indicated, different materials to be coated may require different baking temperatures and times to carry out the baking of the slurry without degrading the substrate material on which the slurry is baked.

There are many advantages to preparing a tube or any interior surface for welding in the aforementioned manner. Most important is the elimination of the need to deliver welding material to the weld sight during the welding operation. Since the welding material is often delivered via a welding wire, welding stick or by injection of a powder, such conventional techniques can be problematical, especially with tubes having small internal diameters. In many cases a welding stick will simply not fit

into the tube. Further, delivering a wire is problematical when the wire travels for more than a few feet. Also, when the wire contains hard materials, the wires are stiff and prone to kink or break during the feeding process.

The aforementioned embodiment of centrifugal casting a slurry on the interior of a tube (or making a slurry onto the interior surface of any other structure to be lined) greatly facilitates the use of other embodiments of the present invention, which require a structure (such as a metal tube) to be arranged in a horizontal position for the welding operation. It should be noted that the baking in the centrifugal casting process affects only the slurry, and greatly facilitates a clean, welding process. This is due to the fact that the baking drives out all the water from the slurry so that there will not be water present to vaporize during the welding operation, creating additional problems.

The aforementioned centrifugal baking operation further facilitates the advantageous use of a nickel-chromium matrix. This is particularly advantageous in that the nickel-chromium matrix is highly anti-corrosive.

As a result, the liner 51 (Figure 5) that is achieved is much more resistant to the corrosive materials generally handled by plasticating barrels. Further, the use of nickel-chromium matrix in the laser-welding operation can be used in other types of structures that are especially susceptible to corrosive materials.

The benefits in placing a tube to be lined in a horizontal position have already been made apparent. This positioning is facilitated by the arrangement depicted in Figure 6. Support rod 60 is arranged through the center of metal tube 1. The support rod serves as a mounting along which welding head 7 is moved during the welding operation. The tube is supported by supports 21, which can be the same as those depicted in Figures 2(a) and 4(a). The support rod 60 is supported by support members 62

and supports 63, arranged near feeder mechanism 64. These feeding mechanisms operate to help move laser head 7 through the tube in order to carry out the welding operation described previously.

The laser head 7 can be motivated along a stationary support rod 60 or can be fixed thereto while the rod is moved to and fro through tube 1.

Either arrangement falls within the basic concepts of this embodiment of the present invention. The use of support rods is particularly relevant to the embodiment of Figure 2(b), which uses the adjustable conical mirror 23. This conical mirror, as previously described, receives a donut-shaped laser beam pattern, which would be irradiated around support rod 60 but would have no contact therewith. Of course, the support rod would not be useful in the embodiment of Figure 4(a), which uses a rotating head. The operation of the rotating head would be hindered by a support rod 60 passing there through. Further, the rod would align with the laser beam (which in this embodiment is not a donut-shape) thereby necessitating the elimination of the support rod and the use of support sled 22.

While each of the preferred embodiments of the present invention has been directed to the lining of a steel (or steel alloy) plasticating barrel, other metal tubes can be lined using the various embodiments or any combination thereof of the previously-described invention. Also, other materials can be lined using the techniques of the present invention in any number of variations of the preferred embodiments described herein.

For example, any type of metallic tube can be used, as well as plastic or "Kevlar<sup>®</sup>" in the inventive cladding process. Further, the lining material need not be a nickel chromium blend. Rather, other materials can be used as is appropriate with the substrate.

Further, while the present invention is particularly effective for an improved technique for lining the metal tubes, other, non-cylindrical,

interior surfaces can be lined by the techniques of the present invention. A variety of different shapes are applicable to the lining operation of the present invention. For example, a double-barrel arrangement can easily be addressed by running the laser head 7 through one barrel and then the second. The flat surfaces (not shown) connecting the curved surfaces of the two barrels can be clad with either or both of the welding operations that clad each of the two barrels. The welding operation can be adjusted by programming the controller which controls the movement of the welding head, the power of the laser and the focusing of the welding beam. Such adjustments are within the capability of those skilled in this technology, and can be adapted to the operation of the present invention.

While a number of embodiments and variations have been made by way of example, the present invention is not to be limited thereby. Rather, the present invention should be construed to include any and all modifications, permutations, variations, adaptations and embodiments that would occur to one skilled in this technology once taught the present invention by this application. Accordingly, the present invention should be considered as being limited only by the following claims.

#### 4. Brief Description of the Drawings

Figure 1 is a schematic diagram depicting the various elements in a laser-weld bead and auxiliary system for one embodiment of the present invention.

Figure 2(a) is a schematic diagram depicting a second embodiment of the present invention.

Figure 2(b) is an end view of the diagram of Figure 2(a).

Figure 3(a) is a schematic depicting a variation of the embodiment depicted in Figure 2(a).

Figure 3(b) is a side view diagram depicting the weld area resulting

from movement of the conical mirror of Figure 3(a).

Figure 4(a) is a schematic diagram of the present invention.

Figure 4(b) is an end view diagram depicting the embodiment of Figure 4(a).

Figure 5 is a schematic diagram depicting the weld-melt and relative locations of material fed to the weld melt.

Figure 6 is a side view schematic diagram depicting a support system for tube to be lined and the support for the welding equipment to be used to clad the interior of the tube.

A system and process is provided for cladding the interior of plasticating barrels or any other interior surface. The cladding operation uses a laser head that carries out a spiral welding operation to create a smoother lining than is capable with conventional welding techniques. A number of different techniques can be used, including the use of feeding laser energy at one end of a tube to be reflected from laser aiming optics inserted through a second end of the tube. Unidirectional welding can be used to facilitate gravity as a smoothing agent. In another embodiment omnidirectional welding can be carried out using a shaped mirror and a donut-shaped laser pattern. The cladding operation can be simplified by baking a coating of the welding matrix and anti-abrasive material onto the interior of the surface to be clad prior to the welding operation.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**